

**rijksuniversiteit gent**

leerstoel voor  
toegepaste geologie



**LTG**

geologisch instituut  
krijgslaan 281-S8  
B 9000 gent

telefoon 091-22.57.15

T60 341/08 C

HYDROGEOLOGISCHE KAARTENATLAS  
VAN DE SCHELDEVALLEI  
IN VLAANDEREN STROOMOPWAARTS  
GAVERE TOT HET KANAAL  
BOSSUIT-KORTRIJK  
(kaartbladen N.G.I. nrs. 29 en 30)

Tekst

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK  
Verslag en studie : Lic. M. MAHAUDEN  
Lic. I. BOLLE

Onderzoek : TGO 81/08c  
Datum : november 1985

**LTG**

geologisch instituut  
krijgslaan 281-S8  
B 9000 gent

telefoon 091-22.57.15

## INHOUD

LIJST VAN FIGUREN	I-IV
LIJST VAN TABELLEN	V-VII
LIJST DER BIJLAGEN	VIII
KAARTENATLAS	IX-X
VOORWOORD	XI-XIII
I. Inleiding	1
1.1. Opdracht	1
1.2. Uitwerking	1
1.3. Ligging en beschrijving van het studiegebied	2
1.3.1. Het begrip "Scheldevallei"	2
1.3.2. Ligging en begrenzing	2
1.3.3. Topografie en morfologie	4
1.3.2.1. De pleistocene vallei	5
1.3.2.2. De boreale vallei	6
1.3.4. Hydrografie	7
1.3.5. Geologie	7
1.3.5.1. Het Paleozoïcum	7
1.3.5.2. Het Mesozoïcum	8
1.3.5.3. Het Kenozoïcum	8
1.3.5.3.1. Het Tertiair	8
1.3.5.3.1.1. Het Landenian	8
1.3.5.3.1.2. Het Ieperiaan	9
1.3.5.3.2. Het Kwartair	10
1.3.6. Hydrogeologie	11
1.3.6.1. Sokkel en krijt	12
1.3.6.2. Formatie van Landen	12
1.3.6.3. Kwartaire afzettingen	13
2. Beschikbare gegevens en uitgevoerde werkzaamheden	14
2.1. Beschikbare gegevens	14
2.1.1. Algemene gegevens	14
2.1.1.1. Kaarten	14
2.1.1.2. Luchtfoto's	15
2.1.1.3. Literatuurgegevens	15
2.1.2. Puntgegevens	15
2.1.2.1. Geologie-litologie-hydrogeologie	16

2.1.2.2. Hydrografie-hydrologie-hydrometeorologie	17
2.1.2.3. Topografie	18
2.1.2.4. Grondwaterwinningen	18
2.1.2.5. Hydrochemie	18
2.2. Uitgevoerde werkzaamheden	21
2.2.1. Algemeen	21
2.2.2. Boringen	21
2.2.2.1. Doel	21
2.2.2.2. Ligging	21
2.2.2.3. Uitvoering	22
2.2.2.4. Resultaten	25
2.2.3. Geofysische boorgatmetingen	25
2.2.3.1. Doel	25
2.2.3.2. Uitvoering	25
2.2.3.3. Resultaten	26
2.2.4. Uitbouw van het piëzometernet	26
2.2.5. Waterpassing	28
2.2.5.1. Doel	28
2.2.5.2. Uitvoering	28
2.2.5.3. Resultaten	28
2.2.6. Stijghoogtewaarnemingen	30
2.2.6.1. Algemeen	30
2.2.6.2. Uitvoering	30
2.2.6.3. Resultaten	31
2.2.7. Pompproeven	31
2.2.7.1. Inleiding	31
2.2.7.2. Algemene begrippen	31
2.2.7.2.1. Soorten watervoerende lagen	37
2.2.7.2.1.1. Artesische of afgesloten watervoerende lagen	37
2.2.7.2.1.2. Freatische watervoerende lagen	37
2.2.7.2.1.3. Gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen :	



half-artesische en half-freatische lagen	37
2.2.7.2.2. Hydraulische parameters	
2.2.7.2.2.1. De hydraulische doorlatendheid $k$	38
2.2.7.2.2.2. Transmissiviteit of doorlaatvermogen $kD$	38
2.2.7.2.2.3. De hydraulische weerstand $c$	39
2.2.7.2.2.4. De elastische bergingscoëfficiënt $S$	39
2.2.7.2.2.5. De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel $S_0$	40
2.2.7.2.3. Grondwaterstromingsregimes	40
2.2.7.3. Technische beschrijving	41
2.2.7.3.1. Algemene configuratie	41
2.2.7.3.2. Boringen en uitrusting van de putten	42
2.2.7.4. Uitvoering van de pompproeven	43
2.2.7.4.1. Pompproef I te Welden	43
2.2.7.4.2. Pompproef II te Petegem	43
2.2.7.5. Resultaten	44
2.2.8. Grondwatermonstername en fysico-chemische analyse	44
2.2.8.1. Doel	44
2.2.8.2. Uitvoering	44
2.2.8.3. Resultaten	46
3. Resultaten - bespreking van de kaartenatlas	47
3.1. Kaart 1 - Dokumentatie	47
3.1.1. Inleiding	47
3.1.2. Ligging van de gebruikte gegevens	47
3.1.3. Aard van de gebruikte gegevens	48
3.1.4. Herkomst van de puntwaarnemingen	48
3.2. Kaart 2 - Hydrografie	51
3.2.1. Inleiding	51

3.2.2. De bevaarbare waterlopen	51
3.2.2.1. De Boven-Schelde	51
3.2.2.2. Het kanaal Bossuit-Kortrijk	54
3.2.3. De onbevaarbare waterlopen	56
3.2.3.1. De onbevaarbare waterlopen langs de linkeroever van de Schelde	57
3.2.3.1.1. De Rijtgracht of Reitgracht - Stroombekken I	58
3.2.3.1.2. De Parochiebeek - Stroombekken II	58
3.2.3.1.3. De Kasterbeek - Stroombekken III	58
3.2.3.1.4. De Nederbeek - Stroombekken IV	58
3.2.3.1.5. De Rietgracht - Stroombekken V	58
3.2.3.1.6. De Coupure - Stroombekken VI	59
3.2.3.1.7. De Leebeek - Stroombekken VII	59
3.2.3.1.8. De Stampkotbeek-Coupure - Stroombekken VIII	59
3.2.3.2. De onbevaarbare waterlopen langs de rechteroever van de Schelde	60
3.2.3.2.1. De Boeversbeek - Stroombekken IX	60
3.2.3.2.2. De Stampkotbeek - Stroombekken X	60
3.2.3.2.3. De Zwalm - Stroombekken XI	60
3.2.3.2.3. De Oossebeek - Stroombekken XII	65
3.2.3.2.5. De Rijtgracht - Stroombekken XIII	65
3.2.3.2.6. De Riedekensbeek - Stroombekken XIV	65
3.2.3.2.7. Waterloop zonder naam - Stroombek- ken XV	65
3.2.3.2.8. De Markebeek - Stroombekken XVI	66
3.2.3.2.9. Waterloop zonder naam - Stroom- bekken XVII	67
3.2.3.2.10. De Molenbeek - Stroombekken XVIII	67
3.2.3.2.11. De Molenbeek - Rijtgracht - Stroombekken XIX	67
3.2.3.2.12. De Molenbeek - Stroombekken XX	68
3.2.3.2.13. De Dorpsbeek - Stroombekken XXI	68
3.2.3.2.14. Waterloop zonder naam - Stroombek-	

ken XXII	68
3.2.3.2.15. Waterloop zonder naam - Stroombek-	
ken XXIII	68
3.2.4. De kartografische voorstelling	69
3.2.4.1. Het hydrografisch net	70
3.2.4.2. De bronnen	71
3.2.4.2.1. Inleiding	71
3.2.4.2.2. Ligging van de bronnen	72
3.2.4.2.3. Kartografische voorstelling	72
3.2.4.3. Stilstaande waters - moerassen	72
3.2.4.3.1. Stilstaande waters	72
3.2.4.3.2. Moerassen	72
3.2.4.4. Alluviale vlakte	73
3.2.4.5. Waterscheidingen - Stroombekkens	73
3.2.4.6. Hydrometeorologie	73
3.3. Kaart 3 - Grondwaterwinningen	76
3.3.1. Inleiding	76
3.3.2. Kartografische voorstelling	76
3.3.2.1. Oorsprong van het gewonnen water	76
3.3.2.2. Hoeveelheid gewonnen water	77
3.3.2.3. Bestemming van het gewonnen water	78
3.3.2.4. Winmethode	78
3.3.3. Bespreking van de grondwaterwinningskaart	78
3.4. Kaarten 4 tot en met 6 en platen 1 tot en met 4	
Litologie - hydrogeologie	87
3.4.1. Inleiding	87
3.4.2. Het tertiair substraat	87
3.4.3. Het Kwartair	90
3.4.3.1. Het Kwartair zandcomplex (KZ)	90
3.4.3.2. Het Kwartair leemcomplex (KL)	91
3.4.3.3. Het Kwartair klei-veencomplex	95
3.4.4. Kartografische voorstelling - bespreking	96
3.4.4.1. Inleiding	96
3.4.4.2. Kaart 4 - Basis en dikte van het	
Kwartair	97

3.4.4.3. Kaart 5 - Basis en dikte van het Kwartair zandcomplex	97
3.4.4.4. Kaart 6 - Basis en dikte van het Kwartair leemcomplex	98
3.4.4.5. Platen 1 tot en met 4 - Geologische doorsneden	98
3.4.5. Hydraulische kenmerken van het Kwartair reservoir	99
3.4.5.1. Inleiding	99
3.4.5.2. Hydrolitologie en geometrie van de kwartaire afzettingen	99
3.4.5.3. Interpretatie van de pompproefgegevens	100
3.4.5.3.1. Correcties op de gemeten waarden	100
3.4.5.3.2. Grafische bepaling van de hydraulische parameters	101
3.4.5.3.3. Bepaling van de hydraulische parameters met behulp van een mathematisch model	103
3.5. Kaarten 7 en 8 - Stijghoogte in het Kwartair zandcomplex - resultaten van de peilwaarnemingen	107
3.5.1. Inleiding	107
3.5.2. Stijghoogtegrafieken	107
3.5.3. Kaarten 7 en 8 - Stijghoogte in het Kwartair zandcomplex	110
3.6. Kaart 9 - Ionenverdeling in het Kwartair zandcomplex	112
3.6.1. Inleiding	112
3.6.2. Bespreking van de resultaten	112
3.6.2.1. Zuurtegraad	114
3.6.2.2. Geleidbaarheid	114
3.6.2.3. Chlorides	115
3.6.2.4. Sulfaten	115
3.6.2.5. Nitraten en nitrieten	116
3.6.2.6. Ammonium	116

3.6.2.7. Alkaliniteit	116
3.6.2.8. Hardheid	117
3.6.2.9. Natrium en Kalium	117
3.6.2.10. IJzer en Mangaan	117
3.6.3. Typering van de onderzochte waters - klassifikatie en voorstelling	118
3.6.4. Kartografische voorstelling - Kaart 9	119
3.6.5. Besluit	119
 4. Besluiten en aanbevelingen	 121

## REFERENTIES

## LIJST VAN FIGUREN

- Fig. 1.1. Ligging en begrenzing van het studiegebied
- Fig. 1.2. Schematische NW-SE doorsnede van de vallei van de Boven-Schelde
- Fig. 1.3. Asymmetrische rug in de pleistocene vallei tussen Berchem en Melden
- Fig. 1.4. Geologie van de paleozoïsche sokkel ter hoogte van het studiegebied volgens R. LEGRAND 1968
- Fig. 1.5. Geologische doorsnede langs de Boven-Schelde
- Fig. 1.6. Iso-piëzometrische kaart van de sokkel in maart 1979 volgens P. VANSTEELANDT en M. ACKAERT
- Fig. 2.1. Ligging van de boringen uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie
- Fig. 2.2. Opstelling van de resistiviteitsmetingen in het boorgat
- Fig. 2.3. Situering van de pompproeven uitgevoerd in het kader van deze studie
- Fig. 2.4. Soorten watervoerende lagen en de grondwaterstroming bij aanpompingsproeven
- Fig. 2.5. Inplanting en puttenconfiguratie bij de pompproef te WELDEN
- Fig. 2.6. Inplanting en puttenconfiguratie bij de pompproef te PETEGEM

- Fig. 3.1. Algemene dwarsprofielen van de gekalibreerde Boven-Schelde volgens G. DELAHOUTRE, 1980
- Fig. 3.2. Pandindeling van het kanaal Bossuit-Kortrijk volgens G. DELAHOUTRE, 1980
- Fig. 3.3. Cirkelvoorstelling van de hoeveelheid gewonnen water
- Fig. 3.4. Kumulatieve kurven van monsters uit de Klei van Vlaanderen
- Fig. 3.5. Herkomst van de monsters uit de Klei van Vlaanderen
- Fig. 3.6. Kumulatieve kurven van monsters uit het Kwartair zandcomplex
- Fig. 3.7. Herkomst van de monsters uit het Kwartair zandcomplex
- Fig. 3.8. Kumulatieve kurven van monsters uit het Kwartair leemcomplex
- Fig. 3.9. Herkomst van de monsters uit het Kwartair leemcomplex
- Fig. 3.10. Kumulatieve kurven van monsters uit het Kwartair klei-veencomplex
- Fig. 3.11. Herkomst van de monsters uit het Kwartair klei-veencomplex
- Fig. 3.12. Gemiddelde korrelgrootten van de verschillende gekarteerde complexen

- Fig. 3.13. Litologische opbouw in beide pompproefsites
- Fig. 3.14. Verlagen tijdens de pompproef te WELDEN  
Interpretatiemethode van WALTON
- Fig. 3.15. Verlagen tijdens de pompproef te WELDEN  
Interpretatiemethode van HANTUSH I
- Fig. 3.16. Maximale verlagen tijdens de pompproef te WELDEN  
Interpretatie van DE GLEE
- Fig. 3.17. Restverlaging na de pompproef te WELDEN  
Interpretatiemethode van THEIS
- Fig. 3.18. Verlagen tijdens de pompproef te PETEGEM  
Interpretatiemethode van WALTON
- Fig. 3.19. Verlagen tijdens de pompproef te PETEGEM  
Interpretatiemethode van HANTUSH I
- Fig. 3.20. Maximale verlagen tijdens de pompproef te  
PETEGEM - Interpretatiemethode van DE GLEE
- Fig. 3.21. Restverlaging na de pompproef te PETEGEM  
Interpretatiemethode van THEIS
- Fig. 3.22. Eindresultaat van de simulaties in beide pomp-  
proefsites
- Fig. 3.23. Vergelijking van de berekende verlaging (volle  
lijnen) met de gemeten verlaging (x) voor de  
pompproef te WELDEN
- Fig. 3.24. Vergelijking van de berekende verlaging (volle



lijnen) met de gemeten verlaging (x) voor de  
pompproef te PETEGEM

Fig. 3.25. Voorstelling van de waterkwaliteit in een  
PIPER diagram

## LIJST VAN TABELLEN

- Tabel 2.1.    Overzicht van het aantal beschikbare puntwaarnemingen
- Tabel 2.2.    Boringen uitgevoerd door de Leerstoel van Toegepaste Geologie
- Tabel 2.3.    Overzicht van de peilbuizen, lengte en plaats van de filterelementen
- Tabel 2.4.    Overzicht van de gebruikte hoogtemerkeken van het N.G.I.
- Tabel 2.5.    Stijghoogtewaarnemingen gedurende de periode september 1983 - november 1985
- Tabel 2.6.    Overzicht van de putten waarop een grondwatermonsternamen gebeurde
- Tabel 3.1.    Gebruikte symbolen op de dokumentatiekaart
- Tabel 3.2.    Stuwsluizen op de Boven-Schelde met aanduiding van de gemiddelde theoretische waterpeilen in de verschillende panden (G. DELAHOUTRE, 1980)
- Tabel 3.3.    Schutsluizen op het kanaal Bossuit-Kortrijk (G. DELAHOUTRE, 1980)
- Tabel 3.4.    Opgepompte hoeveelheden Scheldewater om het kanaal Bossuit-Kortrijk te spijzen (P. VERBEKE, persoonlijke mededeling)
- Tabel 3.5.    Morfologische gegevens van het Zwalmbekken (F. DE TROCH en G. TISON, 1978).

- Tabel 3.6. Basisgegevens betreffende de automatische stuwen -  
peilen in meter T.A.W. (F. DE TROCH, 1983 persoonlijke mededeling)
- Tabel 3.7. Waarnemingsstations in het Zwalmbekken (F. DE TROCH,  
1983, persoonlijke mededeling)
- Tabel 3.8. Pluviometrische normalen voor de periode 1950-1975  
in mm (G.L. DUPRIEZ en G. SNEYERS, 1978)
- Tabel 3.9. Grondwaterwinningen
- Tabel 3.10. Minimum, maximum en gemiddelde waarde van de ge-  
wonnen hoeveelheden grondwater per laag
- Tabel 3.11. Gegevens over het grondwaterverbruik in de vallei  
van de Boven-Schelde (1982)
- Tabel 3.12. Verklaring van de symbolen aangewend bij de tabel-  
len met korrelverdeling, grondmechanische eigen-  
schappen en resistiviteit
- Tabel 3.13. Kenmerken van de Klei van Vlaanderen (Yc)
- Tabel 3.14. Kenmerken van het Kwartair zandcomplex
- Tabel 3.15. Kenmerken van het Kwartair leemcomplex
- Tabel 3.16. Kenmerken van het Kwartair klei-veencomplex
- Tabel 3.17. Hydraulische parameters afgeleid via verschil-  
lende grafische interpretatiemethodes van  
de pompproef te WELDEN

Tabel 3.18. Hydraulische parameters afgeleid via verschillende grafische interpretatiemethodes van de pompproef te PETEGEM

Tabel 3.19. Ingevoerde parameters waarmee de gemeten verlagingen het best benaderd worden

Tabel 3.20. Voornaamste resultaten van de wateranalysen - vergelijking met de normen gesteld aan leidingwater bij K.B. van 27 april 1984

Tabel 3.21. Indeling van het grondwater naar de geleidbaarheid (G. DE MOOR en W. DE BREUCK, 1969)

Tabel 3.22. Minimum, maximum en gemiddelde waarde van ijzer- en mangaanconcentraties t.o.v. de norm voor leidingwater

## VIII

### LIJST DER BIJLAGEN

- Bijlage 1. Samenstelling van de stuurgroep
- Bijlage 2. Situatieplans van de boringen uitgevoerd door de  
Leerstoel van Toegepaste Geologie
- Bijlage 3. Boorstaten van de boringen uitgevoerd door de  
Leerstoel van Toegepaste Geologie
- Bijlage 4. Klassifikatie van de litologie
- Bijlage 5. Resultaten van de boorgatmetingen naast het lito-  
logisch profiel
- Bijlage 6. Stijghoogtegrafieken in de peilputten geboord door  
de Leerstoel voor Toegepaste Geologie
- Bijlage 7. Resultaten van de wateranalysen
- Bijlage 8. Koninklijk Besluit betreffende de kwaliteit van het  
leidingwater

## IX

### INHOUD

### KAARTENATLAS

KAART 1 : DOKUMENTATIE

KAART 2 : HYDROGRAFIE

KAART 3 : GRONDWATERWINNINGEN

KAART 4 : BASIS EN DIKTE VAN HET KWARTAIR

KAART 5 : BASIS EN DIKTE VAN HET KWARTAIR ZANDCOMPLEX

KAART 6 : BASIS EN DIKTE VAN HET KWARTAIR LEEMCOMPLEX

KAART 7 : STIJGHOOGTE IN HET KWARTAIR ZANDCOMPLEX OP 13 EN  
14 FEBRUARI 1984

KAART 8 : STIJGHOOGTE IN HET KWARTAIR ZANDCOMPLEX OP 11 -  
12 EN 13 SEPTEMBER 1984

KAART 9 : IONENVERDELING IN HET WATERVOEREND KWARTAIR  
ZANDCOMPLEX

PLAAT 1 : GEOLOGISCHE DOORSNEDE A-A'  
GEOLOGISCHE DOORSNEDE B-B'  
GEOLOGISCHE DOORSNEDE C-C'

PLAAT 2 : GEOLOGISCHE DOORSNEDE D-D'  
GEOLOGISCHE DOORSNEDE E-E'  
GEOLOGISCHE DOORSNEDE F-F'

PLAAT 3 : GEOLOGISCHE DOORSNEDE G-G'  
GEOLOGISCHE DOORSNEDE H-H'  
GEOLOGISCHE DOORSNEDE I-I'

PLAAT 4 : GEOLOGISCHE DOORSNEDE J-J'  
GEOLOGISCHE DOORSNEDE K-K'  
GEOLOGISCHE DOORSNEDE L-L'

VOORWOORD

Het besef van de noodzaak voor de overheid om te beschikken over dokumenten die een synthese vormen en een overzicht geven van de aard en de toestand van de grondwaterlagen in het Vlaamse Gewest en over een middel om de omvang van de grondwatervoorraden en de invloed van eventuele grondwaterwinningen te bepalen teneinde hierop een beleid te steunen bracht er de heer Minister van de Vlaamse Gemeenschap toe ons een studie toe te vertrouwen waarvan deze kaartenatlas deel uitmaakt.

Talrijke personen en instellingen hebben ertoe bijgedragen dat deze opdracht tot een goed einde werd gebracht en het is ons hierbij een waar genoegen deze te bedanken. Wij denken hierbij aan :

de heer ir. A. DENTENEER, waarnemend Directeur-Generaal  
Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu

de heer ir. P. VANSTEELANDT, Coördinerend Directeur  
Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu  
Oost-Vlaanderen

de heer ir. K. BUTTIENS, Mijningenieur, Dienst Natuurlijke  
Rijkdommen en Energie

de heer ir. M. GOOSENS, Eertaanwezend ingenieur Admini-  
stratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu

de heer ind. ing. M. ACKAERT, medewerker Administratie voor  
Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu

de heren ir. A. SAMUEL, Directeur-Generaal en ir. W. WAL-  
RAEVENS, Hoofdingenieur-Directeur Tussengemeentelijke  
Maatschappij der Vlaanderen voor Waterbedeling



de heren Dr. W. LOY, Waarnemend Hoofdgeoloog-Directeur en  
ir. R. GERMONPRE, Hoofdingenieur-Directeur Nationale  
Maatschappij der Waterwegen

Mevr. ir. Y. KREPS-HEYNDRIKX, Hoofdingenieur-Directeur van  
Bruggen en Wegen, Dienst van het Stroomgebied der  
Schelde, 1ste Directie, Bestuur der Waterwegen van het  
Ministerie voor Openbare Werken

de heren ir. P. SPRUYTTE, Hoofdingenieur-Directeur van  
Bruggen en Wegen en Eerstaanwezend ind. ing. P. VERBEKE,  
Dienst van het Stroomgebied der Schelde, 2de Directie,  
Bestuur der Waterwegen van het Ministerie van Openbare  
Werken

de heer ir. R. DE FAYS, Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen  
en Wegen, Dienst van Topografie en Fotogrammetrie van  
het Ministerie voor Openbare Werken

de heer ind. ing. R. MICHIELS, Hoofd van de Dienst Water  
Provinciale Technische Dienst - Gent.

de heer Dr. E. BERNAERT, Verantwoordelijk Ambtenaar Pro-  
vinciale Dienst voor de Bescherming van het Leefmilieu -  
Gent

de heer lic. I. SWYNGEDOUW, Instituut voor Hygiëne en Epi-  
demiologie, Ministerie van Volksgezondheid en van het  
Gezin - Brugge

de heer H. DE SCHEPPER, Instituut voor Hygiëne en Epide-  
miologie, Ministerie van Volksgezondheid en van het  
Gezin - Gent

de heer ir. E.H.G. GOELEN, Inspecteur-Generaal Rijksinstituut voor Grondmechanica

de heer Dr. ir. R. GABRIELS, Laboratoriumleider Rijksinstituut voor Sierplantenteelt

de heer Dr. ir. F. DE TROCH, Laboratorium voor Hydraulica  
Rijksuniversiteit te Gent

de Burgemeester, het Schepencollege en de Technische Diensten  
van de stad Oudenaarde  
de gemeente Avelgem  
de gemeente Kluisbergen  
de gemeente Wortegem-Petegem  
de gemeente Zingem

Verder danken wij eveneens de volgende instellingen of ondernemingen :

de Belgische Geologische Dienst  
het Nationaal Geografisch Instituut  
het Koninklijk Meteorologisch Instituut  
de N.V. SMET - DB  
de N.V. AMEYE-AMCAL.

## 1. INLEIDING

### 1.1. Opdracht

Op 30 juni 1981 is door de Heer Minister van de Vlaamse Gemeenschap aan de Leerstoel voor Toegepaste Geologie van de Rijksuniversiteit te Gent de opdracht gegeven een hydrogeologische kaartenatlas op te stellen van de Scheldevallei in Vlaanderen stroomopwaarts van Oudenaarde-Heurne (kaartbladen 29 en 37 van het Nationaal Geografisch Instituut). De werkzaamheden waren gespreid over een periode van vier jaar te rekenen vanaf 20 november 1981 (drie maanden na ontvangst van de goedkeuring). Geregeld is verslag uitgebracht over de vorderingen van de werkzaamheden voor een stuurgroep onder leiding van respectievelijk de heren ir. A. DENTENEER, ir. P. VANSTEELANDT, ir. K. BUTTIENS en ir. M. GOOSENS. De vergaderingen vonden plaats op 4.2.1982; 7.6.1982; 4.10.1982; 10.1.1983; 9.5.1983; 17.10.1983; 13.2.1984; 18.6.1984; 24.9.1984; 11.2.1985 en 17.10.1985. (De samenstelling van de stuurgroep is terug te vinden in bijlage 1). Het eindverslag, de hydrogeologische kaartenatlas en de verklarende tekst werden na goedkeuring van een voorlopige versie twee maanden na het beëindigen van het project ingeleverd.

Naast het opstellen van een hydrogeologische kaartenatlas was ook gevraagd de mogelijkheden inzake nieuwe waterwinningen of uitbreiding van bestaande waterwinningen na te gaan.

### 1.2. Uitwerking

De kaartenatlas omvat een reeks thematische kaarten die een hydrogeologisch overzicht geven van de kwartaire afzettingen. De volgende themas worden behandeld :

- de aard, afmetingen en hydraulisch karakter van de lagen
- de stijghoogte in het kwartair reservoir

- de waterkwaliteit van het grondwater in het kwartair reservoir
- de plaats en de omvang van de grondwaterwinningen
- de hydrografie en de hydrometeorologie.

Om het vooropgestelde doel te bereiken werd de studie in drie fasen opgesplitst.

In een eerste fase werden alle beschikbare hydrogeologische en aanverwante gegevens met betrekking tot het studiegebied bijeengebracht, beoordeeld en verwerkt.

Tijdens een tweede fase werden op basis hiervan aanvullende werkzaamheden gepland. Deze omvatten spoelboringen met geofysische boorgatmetingen, de uitbouw van een piëzometernet, maandelijkse peilmetingen, twee pompproeven en grondwateranalysen.

Gedurende de derde en laatste fase werden alle gegevens op kaarten verwerkt en werd het verslag opgesteld.

### 1.3. Ligging en beschrijving van het studiegebied

#### 1.3.1. Het begrip "Scheldevallei"

In het Pleistoceen werd tussen het Elsteriaan-glaciaal en het Eemiaan-interglaciaal een brede diepe erosiegeul, uitloper van de Vlaamse Vallei, uitgeschuurd. Deze erosiegeul, die in de huidige topografie nog duidelijk merkbaar is en waarin de huidige Schelde haar bedding heeft, werd vanaf het Eemiaan-interglaciaal opgevuld. In deze studie staat het begrip "Scheldevallei" steeds voor de pleistocene erosiegeul.

#### 1.3.2. Ligging en begrenzing

Het studiegebied valt binnen de grenzen van de kaartbladen van het N.G.I. nrs. 29/3-4 Anzegem-Oudenaarde, 29/7-8 Avelgem-Ronse en 30/1-2 Sint Maria-Horebeke-Zottegem.

In het zuiden wordt het begrensd door de provinciegrens met Henegouwen en de huidige gekalibreerde Scheldeloop. De laterale begrenzing van de Scheldevallei werd vastgelegd op de 30 m-hoogtelijn zoals die is aangegeven op de kaarten van het N.G.I. (1:25.000-2e editie).

Deze hoogtelijn werd niet gevolgd waar huidige zijdalen langs de linker- en rechteroever voorkomen. De zijdalen werden afgesneden door een vloeiende lijn die de 30 m hoogtelijn langs beide zijden van de zijvallei verbindt. De keuze van de 30 m hoogtelijn was verantwoord aangezien ze in grote lijnen overeenkomt met de 10 m isopache van de kwartaire sedimenten in de Scheldevallei zoals aangegeven in het enige beschikbare document (G. DE MOOR, 1963). Aangezien de studie eveneens tot doel had na te gaan welke mogelijkheden er bestaan om in het kwartaire reservoir nieuwe winningen in te planten of bestaande winningen uit te breiden diende de studie zich voornamelijk te concentreren op deze gebieden waar de kwartaire sedimenten dikker zijn dan 10 m. De 30 m hoogtelijn is topografisch en morfologisch eveneens een duidelijke grens aangezien ze de voet aangeeft van de helling van de heuvels uitgesneden in de tertiaire sedimenten.

Het aldus begrensde studiegebied heeft een totale oppervlakte van ca. 120 km<sup>2</sup>. Het omvat volgende gemeenten of delen ervan :

In Oost-Vlaanderen :

- Gavere (Asper, Dikkelvenne)
- Zingem (Huise, Ouwegem, Zingem)
- Zwalm (Beerlegem, Hermelgem, Sint-Maria-Latem)
- Oudenaarde (Bevere, Edelare, Ename, Eine, Heurne, Leupegem, Mater, Melden, Mullem, Nederename, Oudenaarde, Volkegem)
- Wortegem-Petegem (Elsegem, Moregem, Ooike, Petegem, Wortegem)
- Kluisbergen (Berchem, Kwaremont, Ruien, Zulzeke)
- Maarkedal (Etikhove)

In West-Vlaanderen :

- Avelgem (Avelgem, Bossuit, Kerkhove, Outrijve, Waar-  
maarde)
- Anzegem (Gijzelbrechtegem, Ingooigem, Kaster, Tiegem,  
Vichte)
- Zwevegem (Heestert, Moen, Otegem, Sint-Denijs).

Door het gebied loopt van noord naar zuid de rijksweg Gent-Oudenaarde (N60)\*, de spoorlijn Gent-Oudenaarde-Ronse en de goederen spoorlijn van Oudenaarde naar de elektriciteitscentrale van Ruien.

Van west naar oost loopt over Oudenaarde de spoorlijn Kortrijk-Brussel. Andere verkeerswegen zijn de weg Oudenaarde-Wortegem-Kerkhove-Avelgem-Kortrijk (N8) en de weg Waregem-Ronse (N36) die loopt via Kaster, Kerkhove en Berchem. De gekanaliseerde Boven-Schelde en het kanaal Bossuit-Kortrijk in mindere mate zijn belangrijke verkeerswegen voor de scheepvaart. De ligging en de begrenzing van het studiegebied zijn aangeduid op fig. 1.1.

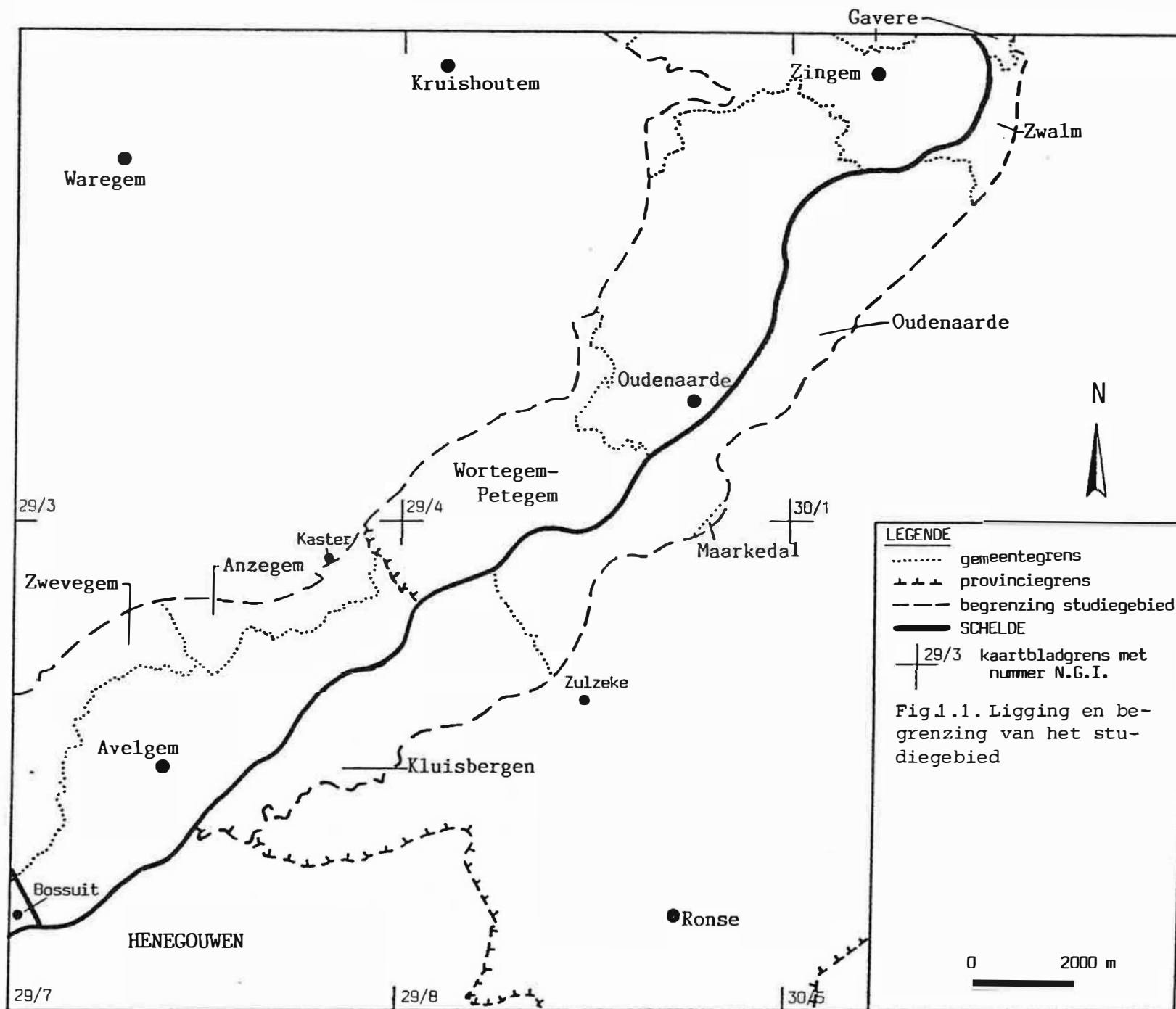
Als achtergrond voor de kaartenatlas werd door het Nationaal Geografisch Instituut (NGI) een assemblage gemaakt van de kaartbladen 29/3-4 Anzegem-Oudenaarde, 29/7-8 Avelgem-Ronse en het westelijk deel van het kaartblad 30/1-2 Sint-Maria-Horebeke-Zottegem op schaal 1:25.000.

### 1.3.3. Topografie en morfologie

De vallei van de Boven-Schelde\*\* is een uitloper van de zogenaamde "Vlaamse Vallei" (G. DE MOOR, 1963; R. TAVENIER & G. DE MOOR, 1974). Ze wordt ten westen en ten oosten begrensd door heuvels die de uitdrukking zijn van de

\* nieuwe nummering van het Ministerie van Openbare Werken in voege vanaf 1.1.1986

\*\* Met Boven-Schelde wordt het gedeelte van de Schelde stroomopwaarts de Ringvaart te Gent aangeduid



tertiaire morfologie. De 30- m hoogtelijn vormt ongeveer de grens tussen de vallei en deze heuvels. Langs de linkeroever bereiken ze peilen van + 40 à + 50 \* in het zuiden ca. + 80 in de streek van Tiegem, Gijzelbrechtegem en Wortegem en + 60 à + 70 in het noorden. Deze heuvelrij die de waterscheidingskam vormt tussen Leie en Schelde loopt ongeveer evenwijdig aan de loop van de Schelde ten zuiden van Wortegem; ten noorden buigt ze af naar het westen. Langs de rechteroever bereiken de heuvels peilen van meer dan + 100; het betreft uitlopers van de waterscheidingskam tussen de Dender en de Schelde. De belangrijkste uitloper hiervan wordt gevormd door de lijn Kluisberg-Kwaremont-Hotond (hoger dan + 120).

De belangrijkste delen in de vallei liggen op ca. + 12 in het uiterste zuiden tot ca. + 8,5 in het noorden.

De breedte van de vallei is vrij aanzienlijk en bedraagt tussen Berchem en Melden en ten noorden van Oudenaarde meer dan 5 km. In deze vallei kunnen morfologisch twee delen worden onderscheiden : de pleistocene vallei en de boreale vallei (H. KEERIS, 1961).

#### 1.3.2.1. De pleistocene vallei

De pleistocene vallei vormt een relatief vlak gebied tussen de dalwanden en de alluviale opvullingsvlakte waarboven ze enkele meters uitsteekt. Deze vervlaking is merkbaar over de gehele linkeroever. Op de rechteroever is ze enkel bewaard gebleven tussen de vooruitspringende tertiaire heuvels (Kluisberg, Koppenberg, Edelareberg). Ze is van de alluviale opvullingsvlakte gescheiden door een steilrand van 3 à 4 m langs de westzijde terwijl langs de

\* Alle peilen zijn aangegeven in meters ten overstaan van het nulpunt van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW) van het N.G.I.



oostkant de overgang meer geleidelijk is (fig. 1.2.). Nabij Oudenaarde wigt deze vervlakking op de westelijke zijde uit tegen de uitloper van de heuvels die de waterscheiding vormen tussen Leie en Schelde. Op de oostelijke zijde daarentegen is de vervlakking nog aanwezig tussen de Edelareberg en de Zwalmbeek maar het hoogteverschil met de alluviale opvullingsvlakte is er zeer klein. Het maai-veld van de pleistocene vallei wordt gekenmerkt door een uitgesproken mikroreliëf (H. KEERIS, 1961). Langgerekte ruggen zomen de vervlakking langs de boreale vallei af. Ze zijn enkele meters hoger dan het aangrenzende gebied en zijn asymmetrisch opgebouwd. De naar de rivier gerichte flank is steil en accentueert gewoonlijk de steilrand die hierdoor een hoogte van ca. 6 m verkrijgt. Naar de dalwanden toe nemen ze geleidelijk in hoogte af. Tevens liggen de hoogste punten het dichtst bij het talud. De best gekende rug komt voor tussen Berchem en Melden (fig. 1.3.). In totaal zijn er stroomafwaarts van Doornik een twaalfstal dergelijke verhevenheden waar te nemen. Deze langgerekte ruggen kunnen worden beschouwd als puinkegels, opgebouwd door lateraal uitmondende waterlopen tijdens het laatste stadium van de opvulling van de Vlaamse Vallei en haar vertakkingen. Vooral de riviértjes afkomstig van de steilere oostelijke dalwand speelden hierin een grote rol. Deze puinkegels werden vervolgens bedekt met eolisch materiaal.

#### 1.3.3.2. De boreale vallei

De boreale vallei is het dal dat uitgeschuurd werd na de definitieve verdwijning van de ijsbodem, bij de hervatting van de normale fluviatiele erosie. Tijdens het Atlanticum (5000 - 8000 jr. B.P.) vond een snelle opvulling plaats met terrigeen en organogeen materiaal. Dit proces zette zich voort gedu-

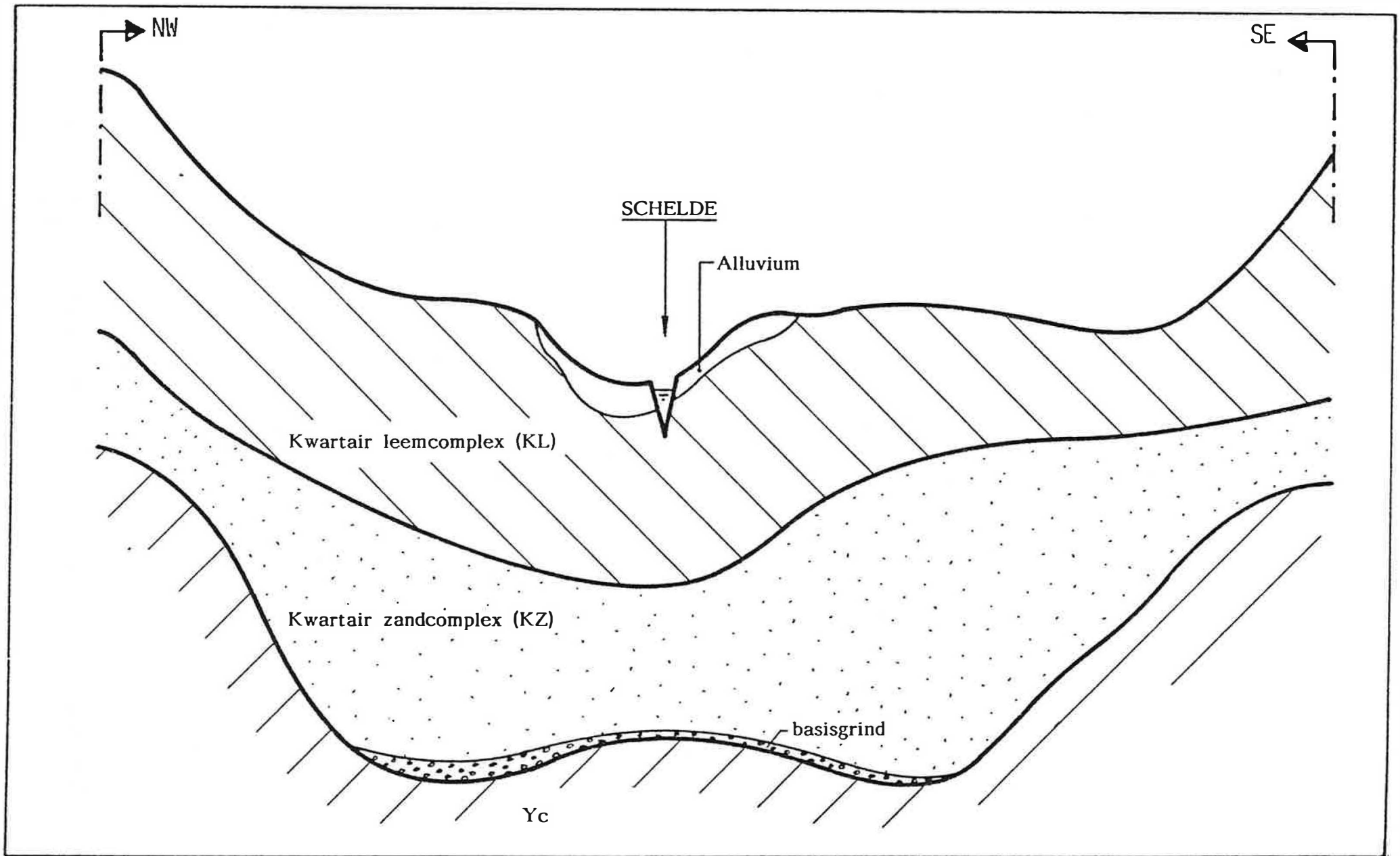


Fig. 1.2. Schematische NW-SE doorsnede van de vallei van de Boven-Schelde

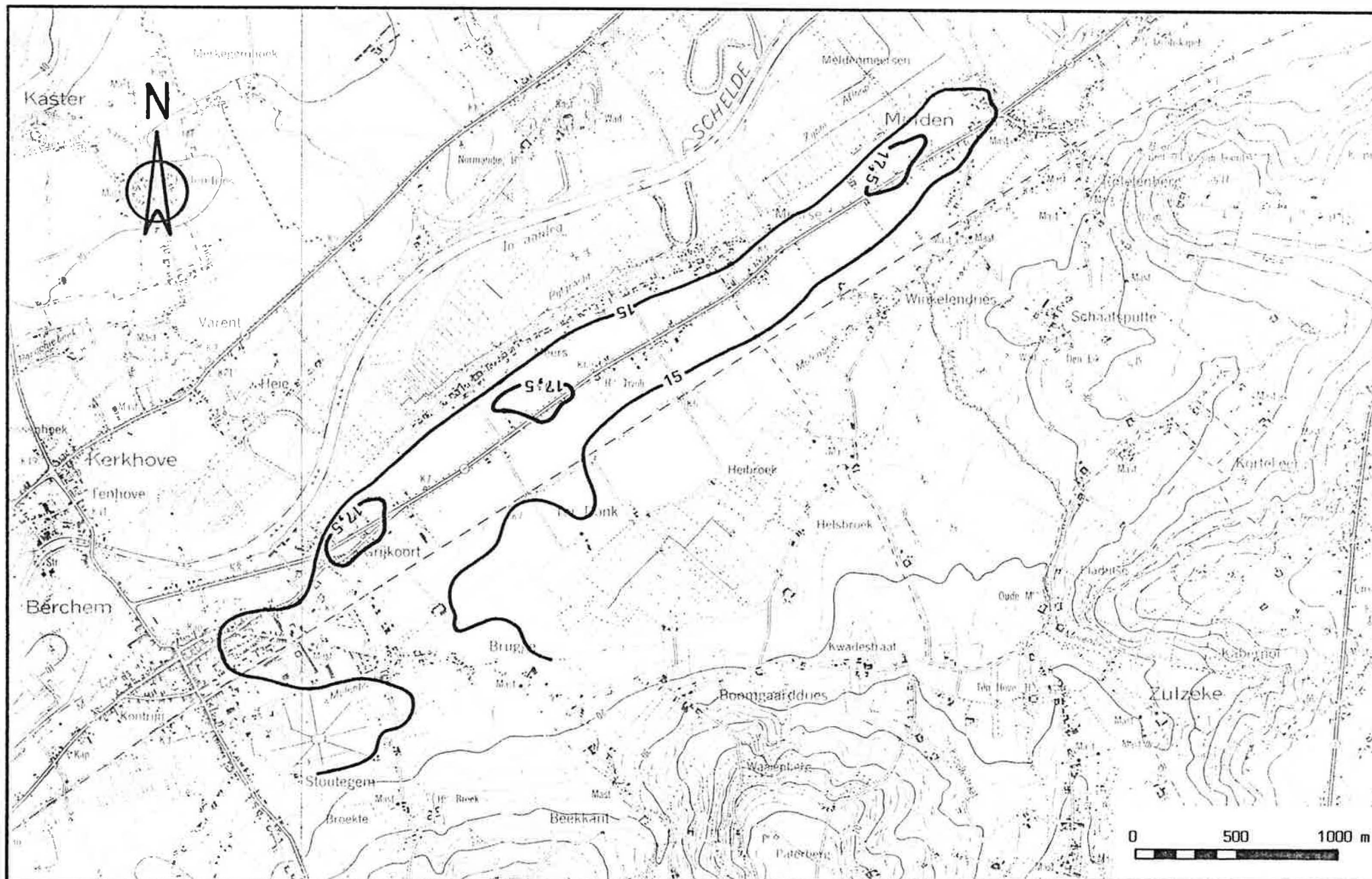


Fig. 1.3. - Asymmetrische rug tussen Berchem en Melden (gelijkhoogteverschil 2,5 m ; schaal 1/25 000)

rende het Subatlanticum (0 - 2900 jr. B.P.), vooral door een toename van het vaste materiaal dat door de Schelde werd aangevoerd. Deze toename ontstond door de versterkte afspoeling veroorzaakt door de ontbossing en het in kultuur brengen van de gronden.

#### 1.3.4. Hydrografie

Het studiegebied ligt volledig in het bekken van de Boven-Schelde dat op Belgisch grondgebied ca. 2.050 km<sup>2</sup> beslaat. De Schelde is er over haar gehele lengte (namelijk 78,2 km) gekalibreerd op 1350 T en rechtgetrokken; zes stuwsluizen beheersen het peilverschil van meer dan 10 m en maken van deze waterweg een belangrijke verkeersader voor de internationale scheepvaart. De beheersmaatregelen zorgen tevens voor een verbeterde afvloeï van het vloedwater en onderdrukken aldus het overstromingsgevaar.

Verschillende belangrijke en minder belangrijke zijrivieren afkomstig van de heuvels langsheen de linker- en rechteroever vervoegen de loop van de Boven-Schelde in het studiegebied. Het thema hydrografie wordt in detail verder behandeld in hoofdstuk 3.2.

#### 1.3.5. Geologie

##### 1.3.5.1. Het Paleozoïcum

Het Massief van Brabant vertoont ter hoogte van het studiegebied een opwelling. De as van deze opwelling (As van Oostende) loop van Geraardsbergen over Oudenaarde naar Oostende. De as duikt naar het noordwesten. Op fig. 1.4. is de geologie van de paleozoïsche Sokkel weergegeven.

Van Bossuit tot Oudenaarde komen achtereenvolgens ge-

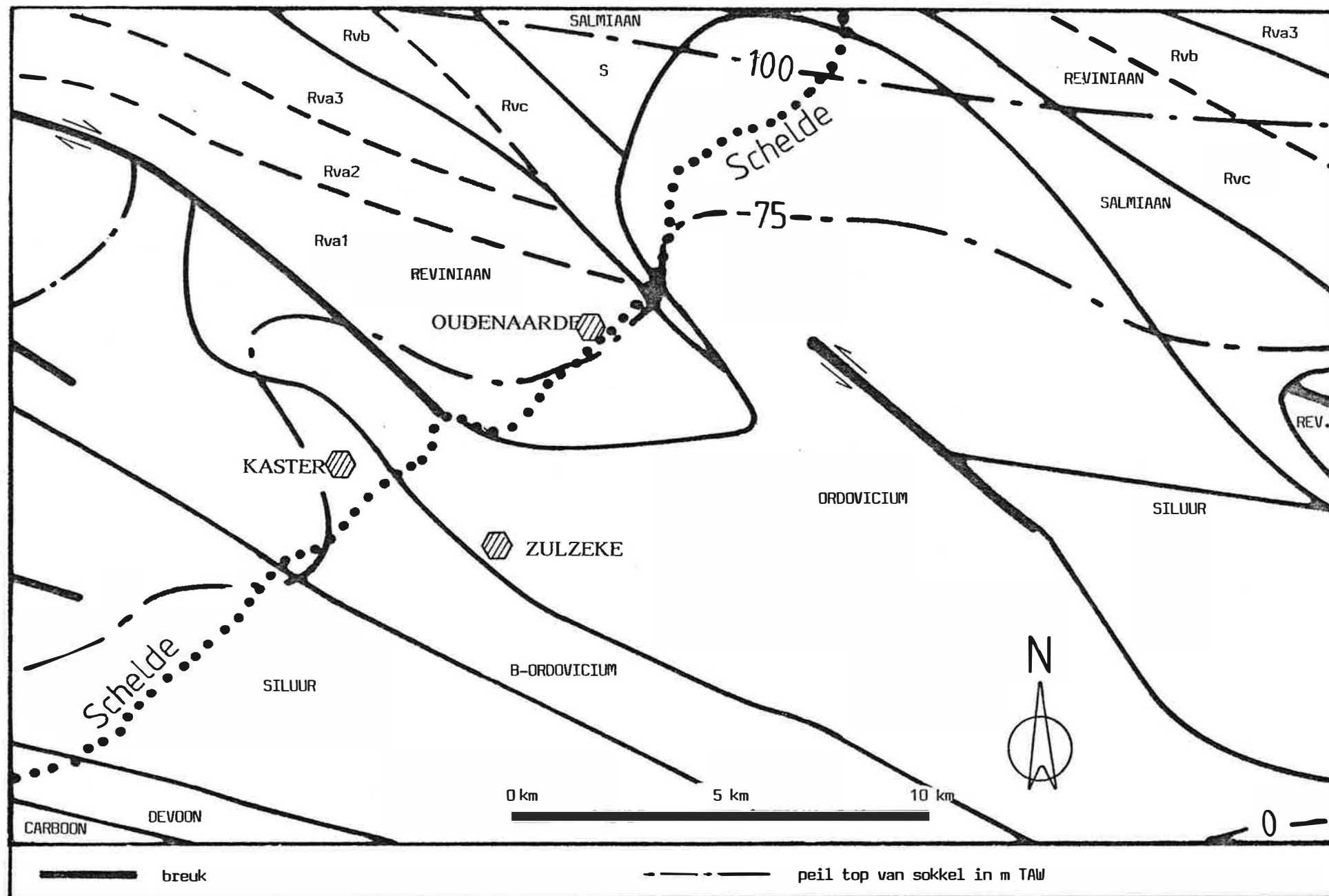


Fig. 1.4. Geologie van de paleozoïsche sokkel ter hoogte van de Boven-Schelde (LEGRAND, 1968)

steenten voor van het Midden- en Boven-Devoon (behorend tot het Bekken van Namen), het Siluur, het Ordovicium en het Cambrium (Reviniaan). Van Oudenaarde tot Zingem bestaat de Sokkel uit gesteenten van het Ordovicium. De grens tussen de Ordovicium en Reviniaangesteenten valt samen met een breuk die verloopt volgens de lijn Wortegem-Melden. De top van de paleozoïsche Sokkel daalt van - 55 te Bossuit tot - 110 te Zingem. Een kleine opwelling komt voor ter hoogte van de lijn Kaster-Zulzeke (fig. 1.5.).

De gesteenten van de Sokkel vormen een vrij monotoon complex van leistenen, fylliëten en zandstenen; plaatselijk komen ook enkele stollingsgesteenten voor.

#### 1.3.5.2. Het Mesozoïcum

De gesteenten behorend tot het Mesozoïcum zijn van Krijt-ouderdom. Ze komen in het studiegebied enkel voor ten zuiden van de lijn Kaster-Zulzeke. Hun dikte is beperkt tot 10 à 15 m. Meestal betreft het mergels met vuurstenen van het Midden-Krijt (Turoon). De top van het Krijt verloopt van - 45 in het zuiden tot - 65 ter hoogte van de lijn Kaster-Zulzeke (fig. 1.5.).

#### 1.3.5.3. Het Kenozoïcum

##### 1.3.5.3.1. Het Tertiair

##### 1.3.5.3.1.1. Het Landeniaan

Het Landeniaan\* wordt ingedeeld in het Onder-Landeniaan L1 dat tot het Boven-Paleoceen

\* Wegens de complexiteit en de onduidelijkheid wordt de kronostratigrafische term Landeniaan meestal vervangen door de litologische eenheid "Formatie van Landen".

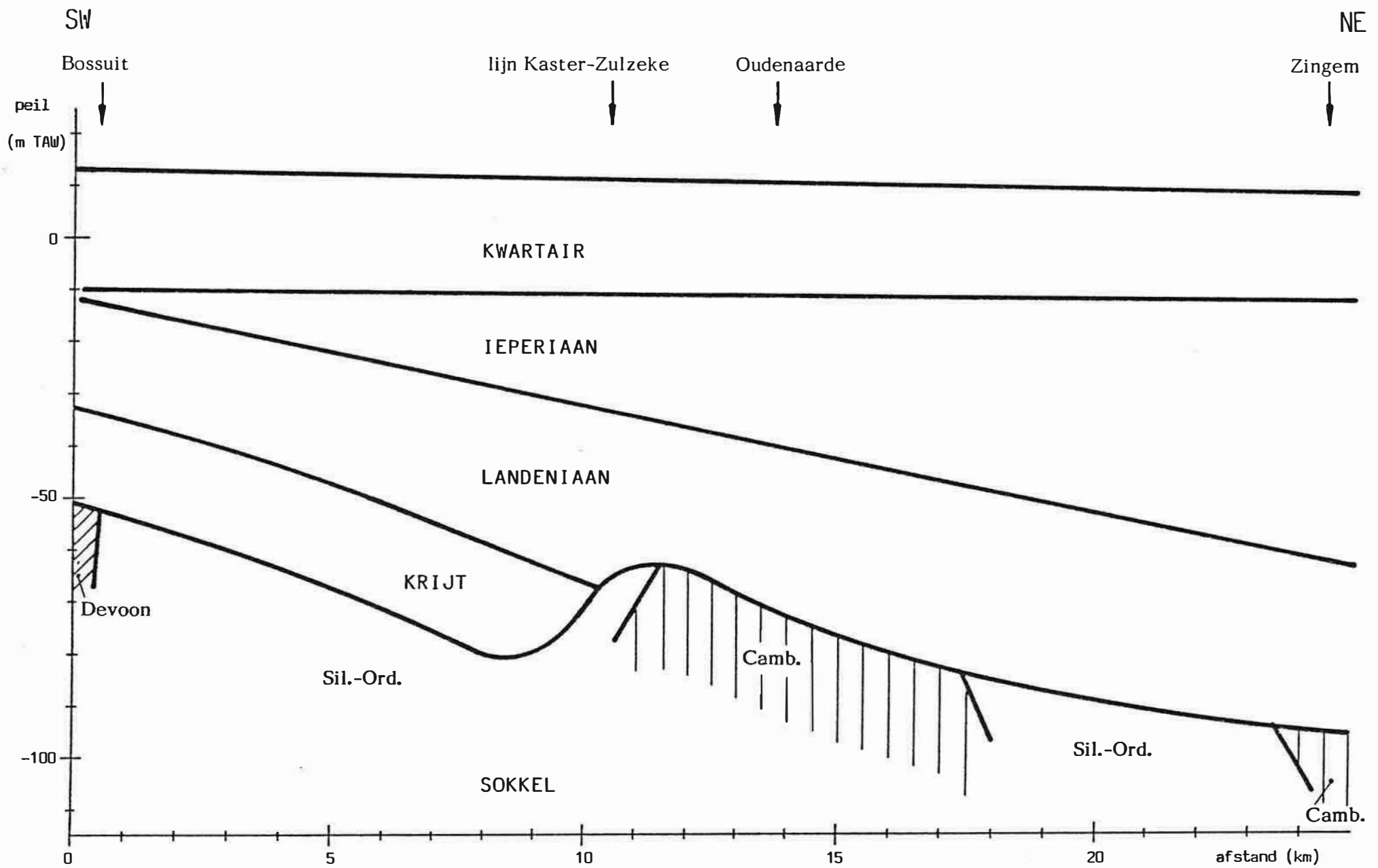


Fig. 1.5. Geologische doorsnede langs de Boven-Schelde

gerekend wordt en het Boven Landeniaan L2 dat tot het Eoceen behoort (F. ROBASZYNSKI, 1978). Het Onder-Landeniaan bestaat in het studiegebied onderaan uit een zware klei tot weinig zandhoudende klei die geleidelijk zandiger wordt. In deze afzettingen komen talrijke niveaus van kalkhoudende zandsteen of kalksteen voor (zoals het tufkrijt van Angre of Cherg) voor. Het bovenste deel van deze mariene afzettingen is opgebouwd uit fijne glaukoniethoudende zanden (de L1d van de oude geologische kaart wordt sedert 1929 ook L1e beschouwd zoals de Zanden van Grandglise, Blaton).

Het L2 heeft een meer kleiig karakter en komt in het studiegebied waarschijnlijk niet voor.

#### 1.3.5.3.1.2. Het Ieperiaan

Aan de basis van het Ieperiaan komt een dun grint- en zandniveau voor (Ya en Yb). Daarop ligt een dik pakket klei : de Klei van Vlaanderen\* (Yc) Bovenaan komt het Zand van Mons- en Pévèle\*\* (Yd) voor. De Klei van Vlaanderen bestaat uit een grijze tot blauwgrijze, vaste, zware klei die veel glimmers bevat. In de topzone komen lensjes voor van zeer fijn zand. Midden in de kleilaag treft men een zandig niveau aan. De helling van deze afzetting is naar het noordoosten gericht. De dikte ervan is door de erosie sterk gereduceerd. Te Nederzwalm bedraagt ze 42 m, te Oudenaarde-Eine 45 à 50 m, te Kluisbergen 25 à 30 m en te Avelgem ca. 20 m.

Het Zand van Mons-en-Pévèle bestaat uit een fijn tot zeer fijn donkergrijsgroen zand. Meestal bevat het veel fijn verdeeld glaukoniet, veel glimmers en nummulieten. De

\* vroegere benaming : Klei van Ieper of Ieperiaanklei

\*\* vroegere benaming : Zand van Ieper of Ieperiaanzand



laag zelf is weinig homogeen. Ze heeft een dikte van ca. 10 m, en komt voor rond de peilen + 55 à + 65 in de streek van Ruien (Kluisbergen) en rond de peilen + 25 à 35 in het noorden van het studiegebied.

Jongere tertiaire formaties treft men aan op de heuvels die de vallei van de Boven-Schelde begrenzen (Paniseli-aan rond het peil + 50) in het Oudenaardse; Lediaan op de toppen van de heuvels langs de rechteroever).

#### 1.3.5.3.2. Het Kwartair

Tijdens het Onder-Pleistoceen (0,8-2,2 milj.jr.) werd alleen het noordoostelijk deel van het Scheldebekken bij de verschillende transgressies betrokken. Het midden en het westelijk deel was onderhevig aan fluviatiele erosie waarbij verschillende grintafzettingen gevormd werden (R. TAVENIER & G. DE MOOR, 1974).

Het Midden-Pleistoceen (0,2-0,8 milj.jr) werd gekenmerkt door een intense insnijding van de rivierdalen terwijl op andere plaatsen materiaal geaccumuleerd werd. Zo bestond tijdens het Cromeriaan (0,3-0,8 milj.jr.) de huidige loop van de Schelde ter hoogte van Oudenaarde nog niet. De rechterzijrivieren mondden toen uit in een rivier die liep op de plaats waar men nu de rivierterrassen van Kruishoutem vindt. Pas vanaf het Elsteriaan (0,25-0,3 milj.jr.) nam de Schelde (evenals de Leie) haar huidige loop aan. Tijdens de zeespiegelstijging van het Holsteiniaan (0,2-0,25 milj.jr.) werden de benedenlopen van de rivieren in het Scheldebekken overspoeld.

De Saale-ijstijd (125.000-200.000 jr.) kende twee erosiefazen, die gevolgd werden door afzetting van fluvio-periglaciaal materiaal. Tijdens de erosiefazen bereikte de verticale insnijding een niveau van respectievelijk - 8 en - 15 in de omgeving van Gent. Daardoor kon de terugschrijdende erosie stroomopwaarts sterk doorgaan. Dit

had de doorbraak van de Schelde ter hoogte van de Carboonkalksteen te Doornik tot gevolg. Gedurende het Eemiaan (ca. 70.000 - 130.000 jr) overspoelde een transgressie de gehele Vlaamse Vallei. Uit die periode dateren de mariene en estuarische afzettingen die men aantreft tot Pecq. De Vlaamse Vallei was toen een baai met sterke zeestromingen die insnijdingen tot gevolg hadden tot in het tertiair substraat. In de aangrenzende valleien (waaronder de Boven-Schelde) werden veelal venige, alluviale afzettingen gevormd. Bij het begin van de Weichsel-ijstijd (10.000-70.000 jr.) was het hydrografisch net van het Scheldebekken ongeveer gelijk aan het huidige. De Vlaamse Vallei en aangrenzende dalen ondergingen eerst een diepe insnijding waarna accumulatie plaatsgreep van zandhoudende leem.

Deze is van niveo-eolische oorsprong of werd aangevoerd als gevolg van verschillende hellingsprocessen.

Tijdens het Holoceen werden deze afzettingen op hun beurt ingesneden. Maximale insnijdingen (tot een diepte van ca. 10 m) werden bereikt tijdens het Boreaal (8.000-9.000 B.P.). De aldus uitgeschuurde dalen werden vervolgens terug opgevuld met weinig en kleiig materiaal.

#### 1.3.6. Hydrogeologie

In het studiegebied zijn drie watervoerende zones te onderscheiden, ze bevinden zich in :

- de Sokkel- en Krijtgesteenten
- de tertiaire afzettingen, meer bepaald de "Formatie van Landen"
- de kwartaire zandige afzettingen

### 1.3.6.1. Sokkel en krijt

De gesteenten uit de topzone van de Sokkel zijn meestal verweerd en gespleten en vormen aldus een watervoerende laag. Over de continuïteit en de capaciteit van deze watervoerende laag zijn weinig nauwkeurige gegevens beschikbaar; beide zijn immers afhankelijk van de graad van verwerking en gespletenheid. Volgens M. GULINCK (1965) is de specifieke capaciteit begrepen tussen 0,01 en 1,00 m<sup>3</sup>/h/m. Het piëzometrisch niveau van deze watervoerende laag blijkt sterk gedaald wegens een ver doorgedreven exploitatie in de streek van Roeselare-Waregem-Tielt ten behoeve van de textiel-industrie (P. VAN STEELANDT & M. ACKAERT, 1979). In maart 1979 werd dit niveau opgemeten op - 15 te Bossuit en - 40 te Zingem; tussen Oudenaarde en Kluisbergen lag het lager dan - 50 (fig. 1.6.).

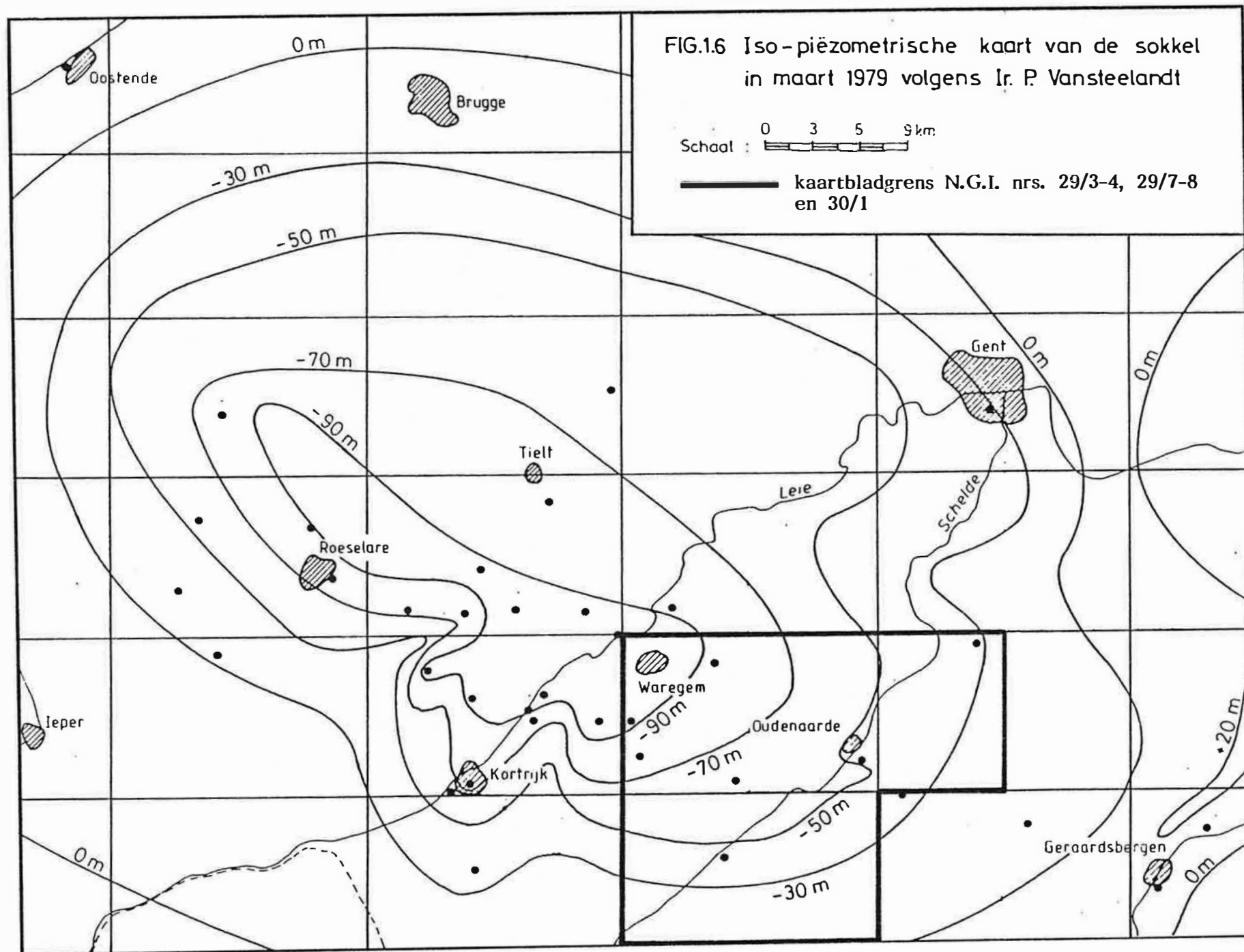
Kwalitatief is het water uit de Sokkel- en Krijtgesteenten een zacht (< 6° F) alkalisch water van het natrium-chloride type.

Het zoutgehalte is begrepen tussen ca. 600 mg/l in de streek van Bossuit tot ca. 1100 mg/l in de streek van Zingem.

Gezien de uitbreiding, de dikte en de litologische samenstelling enerzijds en het gebrek aan nauwkeurige gegevens anderzijds worden de Sokkel- en Krijtafzettingen als één enkel reservoir beschouwd.

### 1.3.6.2. Formatie van Landen

Onder de Klei van Vlaanderen bevatten de fijne glaukoniethoudende zanden (Llc en Lld-afzettingen) een watervoerende laag. Deze gespannen waterlaag heeft een geringe specifieke capaciteit begrepen



tussen 0,1 en 0,7 m<sup>3</sup>/h/m. (DE SUTTER et al., 1984).  
Haar piëzometrisch niveau ligt een paar meters boven  
dit van de watervoerende laag van de Sokkel. De kwaliteit is gekenmerkt door een lage hardheid (2 à 10° F).

#### 1.3.6.3. Kwartaire afzettingen

De zandige kwartaire afzettingen in de Scheldevallei vormen een watervoerende laag die onderaan begrensd is door de Klei van Vlaanderen. Het hydrogeologisch aspekt van deze waterlaag werd in het kader van deze studie gedetailleerd onderzocht en is verder besproken.

## 2. BESCHIKBARE GEGEVENS EN UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

### 2.1. Beschikbare gegevens

De beschikbare gegevens verzameld in het kader van deze studie worden gesplitst in algemene- en overzichtgegevens en puntgegevens.

#### 2.1.1. Algemene gegevens

Deze laten toe op kleine schaal konklusies te trekken. Ze bestaan uit kaarten, luchtfoto's en literatuurgegevens.

##### 2.1.1.1. Kaarten

De belangrijkste kaarten zijn :

##### - Topografische kaarten

Het volgende materiaal was beschikbaar :

- de topografische kaarten van Vandermaelen op schaal 1:20.000 uitgegeven in de periode 1850-1860, bladen Munckzwalm 7<sup>11</sup>, Avelghem 7<sup>14</sup>, Audenarde 7<sup>15</sup> en Celles 12<sup>2</sup>.
- de topografische kaarten van het Nationaal Geografisch Instituut (en voorheen Militair Geografisch Instituut), op schalen 1:10.000, 1:15.000, 1:25.000 van verschillende data. Het betreft de bladen Anzegem 29/3, Avelgem 29/7, Celles 37/3, Gavere 22/5, Oudenaarde 29/4, Pecq 37/2, Ronse 29/8, Sint-Maria-Horebeke 30/1 en Zwevegem 29/6.

##### - Bodemkaarten

De bodemkaarten uitgegeven door het Comité voor het op-

nemen van de Bodemkaart en de Vegetatiekaart van België onder de auspiciën van het I.W.O.N.L., blad Oudenaarde 84 E op schaal 1:20.000 is reeds gepubliceerd. De bladen Avelgem 98 W, Ronse 98 E en St.-Maria-Horebeke 85 W zijn nog niet uitgegeven maar de voorlopige versies op schaal 1:10.000 zijn te raadplegen in de archieven van het Geologisch Instituut.

#### - Geologische kaarten

De geologische kaarten op schaal 1:40.000, bladen Anzeghem-Audenarde nr 84 (E. DELVAUX, 1893) en Avelghem-Renaix nr 98 (E. DELVAUX, 1895) zijn beschikbaar.

#### 2.1.1.2. Luchtfoto's

Verschillende luchtfotoseries van het Ministerie van Openbare Werken werden geraadpleegd. Het betrof opnamen van 1950 (schaal 1:7000), 1959 (schaal 1:10000), 1968 (schaal 1:20000), 26/09/1970 (schaal 1:15.000) en 05/09/1981 (schaal 1:15000) van een gebied langs de Schelde.

#### 2.1.1.3. Literatuurgegevens

Talrijke publikaties, mededelingen, studies, enz... werden geraadpleegd. Deze staan vermeld in de referenties.

#### 2.1.2. Puntgegevens

Ze zijn van diverse aard en werden onderverdeeld in gegevens betreffende de geologie-litologie-hydrogeologie; hydrografie-hydrologie-hydrometeorologie; topografie; grondwaterwinningen en hydrochemie.

### 2.1.2.1. Geologie-litologie-hydrogeologie

Hieronder vallen boringen, grondmechanische sonderingen en resistiviteitssonderingen.

- De boringen verlenen vooral inzicht van geologisch-litologische aard. Zeer zelden zijn er gegevens voorhanden van hydrogeologische aard (meestal zijn deze beperkt tot het éénmalig opmeten van de grondwaterstand na de uitvoering van de boring). De beschrijving van deze gegevens is vaak van slechte kwaliteit en de nauwkeurige ligging is soms moeilijk te achterhalen. Hun spreiding is gewoonlijk gebonden aan infrastructuurwerken en bewoning.
- De grondmechanische sonderingen zijn meestal betrouwbaarder en beter gesitueerd. Ze zijn echter dikwijls beperkt in diepte en steeds gebonden aan belangrijke infrastructuurwerken zodanig dat hun spreiding sterk onregelmatig is. Hydrogeologische gegevens zijn steeds beperkt tot een éénmalige opmeting van de grondwaterstand. De litologische interpretatie is in enkele gevallen onduidelijk.
- In het kader van een licentiaatsverhandeling (J. STEENACKERS, 1983) werden in de streek van Zingem enkele resistiviteitssonderingen uitgevoerd volgens de Schlumberger-opstelling. De bedoeling van deze metingen was het karteren van de top van de Klei van Vlaanderen (Yc) in dit gebied. Het sterk onregelmatig verloop van deze grens liet echter niet toe de uitgevoerde proeven nauwkeurig te interpreteren.

Alle gegevens hierbij vermeld werden bekomen bij de volgende diensten of instellingen :

- de Belgische Geologische Dienst (B.G.D.)
- het Rijksinstituut voor Grondmechanica (R.I.G.)
- de Leerstoel Toegepaste Geologie van de Rijksuniversiteit te Gent (L.T.G.)



- private boorfirma's . AMEYE - AMCAL EN SMET-DB N.V.
- de Nationale Maatschappij der Waterleidingen (N.M.W.)
- de Tussengemeentelijke Maatschappij der Waterleidingen (T.M.V.W.)

#### 2.1.2.2. Hydrografie-hydrologie-hydrometeorologie

Hierbij worden gerangschikt :

- peilen en debieten opgemeten in waterlopen
- hydrometeorologische parameters opgemeten in hydrometeorologische stations.

De peilmetingen en debietmetingen zijn beperkt tot de belangrijkste niveaus en de debietmetingen zijn meestal zeer onregelmatig gebeurd.

De gegevens van deze aard zijn sterk verspreid en werden bekomen bij :

- het Laboratorium voor Hydraulica van de Rijksuniversiteit te Gent
- het Ministerie van Landbouw - de Landelijke Waterdienst
- De Provinciaal Technische Diensten van het Ministerie van Landbouw
- het Ministerie van Openbare Werken dienst Bruggen en Wegen
- het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen; dienst van het stroomgebied der Schelde, eerste direktie Gent.
- het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, dienst van het Stroomgebied der Schelde, tweede direktie Kortrijk
- het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI)

### 2.1.2.3. Topografie

Alle gebruikte gegevens (hoogtemerken ten overstaan van T.A.W.) zijn afkomstig van het Nationaal Geografisch Instituut (N.G.I.)

### 2.1.2.4. Grondwaterwinningen

Alle gebruikte gegevens komen uit de archieven van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie voor Economie en Werkgelegenheid, Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie en de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu, Dienst Water- en Bodembeleid.

### 2.1.2.5. Hydrochemie

Gegevens betreffende de kwaliteit van grond- en oppervlaktewaters werden bekomen bij :

- het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (IHE)
- De Provinciale Dienst voor de bescherming van het Leefmilieu

Vermeldenswaard is tevens de mondelinge informatie van partikulieren verzameld tijdens het uitvoeren van de terreinproeven.

Al deze gegevens werden geïnterpreteerd en verwerkt; ze lieten toe de kaarten met als thema de hydrografie en de grondwaterwinningen op te stellen. Alle andere kaarten werden verwezenlijkt enerzijds met behulp van deze verzamelde gegevens en anderzijds met de in het bestek van deze studie uitgevoerde proeven.

In het totaal waren 940 puntgegevens beschikbaar (1983) :

- 860 boringen, diepsonderingen en elektrische sonderingen

- 9 hydrometrische en hydrometeorologische\* stations
- 43 hoogtemerken
- 28 gegevens over grondwaterwinningen.

In tabel 2.1. zijn deze puntgegevens per kaartblad aangegeven.

\* Er bestonden nog meer hydrometrische en hydrometeorologische waarnemingsstations doch deze zijn nu gesloten of er worden geen metingen meer verricht.

	29/4 OUDENAARDE	29/7 AVELGEM	29/8 RONSE	30/1 SINT-MARIA- HOREBEKE	TOTAAL
<u>Boringen</u>					
- BGD	93	81	67	13	254
- LTG (Zingem)	-	-	-	26	26
- Smet DB	58	10	17	6	91
- RIG	38	9	-	5	52
<u>Grondmechanische sonde- ring</u>					
- RIG	248	130	16	19	413
<u>Resistiviteitssondering</u>					
- LTG	-	11	-	13	24
<u>Hoogtemerktekens</u>					
- NGI	15	13	5	10	43
<u>Hydrometrische stations</u>	2	2	-	2	6
<u>Hydrometeorologische stations</u>	1	1	-	1	3
<u>Grondwaterwinningen</u>	21	7	-	-	28
TOTAAL	476	264	105	95	940

Tabel 2.1. - Overzicht van het aantal beschikbare puntwaarnemingen.

## 2.2. Uitgevoerde werkzaamheden

### 2.2.1. Algemeen

Na raadpleging van de beschikbare gegevens werden de in het bestek van deze studie voorziene proeven uitgevoerd. Het betreft :

- boringen met geofysische boorgatmetingen; deze werden uitgebouwd tot peilputten
- waterpassing van het ingeplante piëzometernet
- maandelijkse peilronden
- pompproeven
- chemische wateranalysen

### 2.2.2. Boringen

#### 2.2.2.1. Doel

De boringen laten toe :

- een nauwkeurig beeld te verkrijgen van de litologische opbouw van de kwartaire sedimenten
- een peilputtennet in te bouwen teneinde de piëzometrie, de grondwaterkwaliteit en de hydraulische parameters van de kwartaire sedimenten te bepalen.

#### 2.2.2.2. Ligging

Aangezien voor een peilputtennet een regelmatig inplantingspatroon vereist is en de beschikbare gegevens ons hierbij van weinig of geen nut waren werden in een eerste boorfase van 9.11.82 tot 31.5.83 65 boringen uitgevoerd volgens een rechthoekennet. De putten zijn gelegen op onderlinge afstand van ca. 1 km op profiellijnen loodrecht op de Scheldevallei. De profiellijnen liggen 2 km van elkaar. Dergelijke keuze was verantwoord wegens de te voorziene grondwaterstroom-

richting in de kwartaire watervoerende laag (loodrecht op de lengterichting van de vallei). Het rechthoekennet lag volledig binnen de laterale begrenzing gesteund op de 30 m hoogtelijn zoals aangegeven op de topografische kaarten van het N.G.I. (1:25.000 -2e editie).

In een tweede boorfase van 17 tot 29.8.83 werden 6 boringen verricht in het kader van de uit te voeren pompproeven. Ze werden ingeplant rekening houdend met de waarnemingen gebeurd tijdens de eerste boorcampagne. Alle uitgevoerde boringen met hun nummering zijn gesitueerd op fig. 2.1. (zie ook KAART 1). In Bijlage 2 zijn de gedetailleerde situatieplannen van de ligging van deze proeven samengebracht.

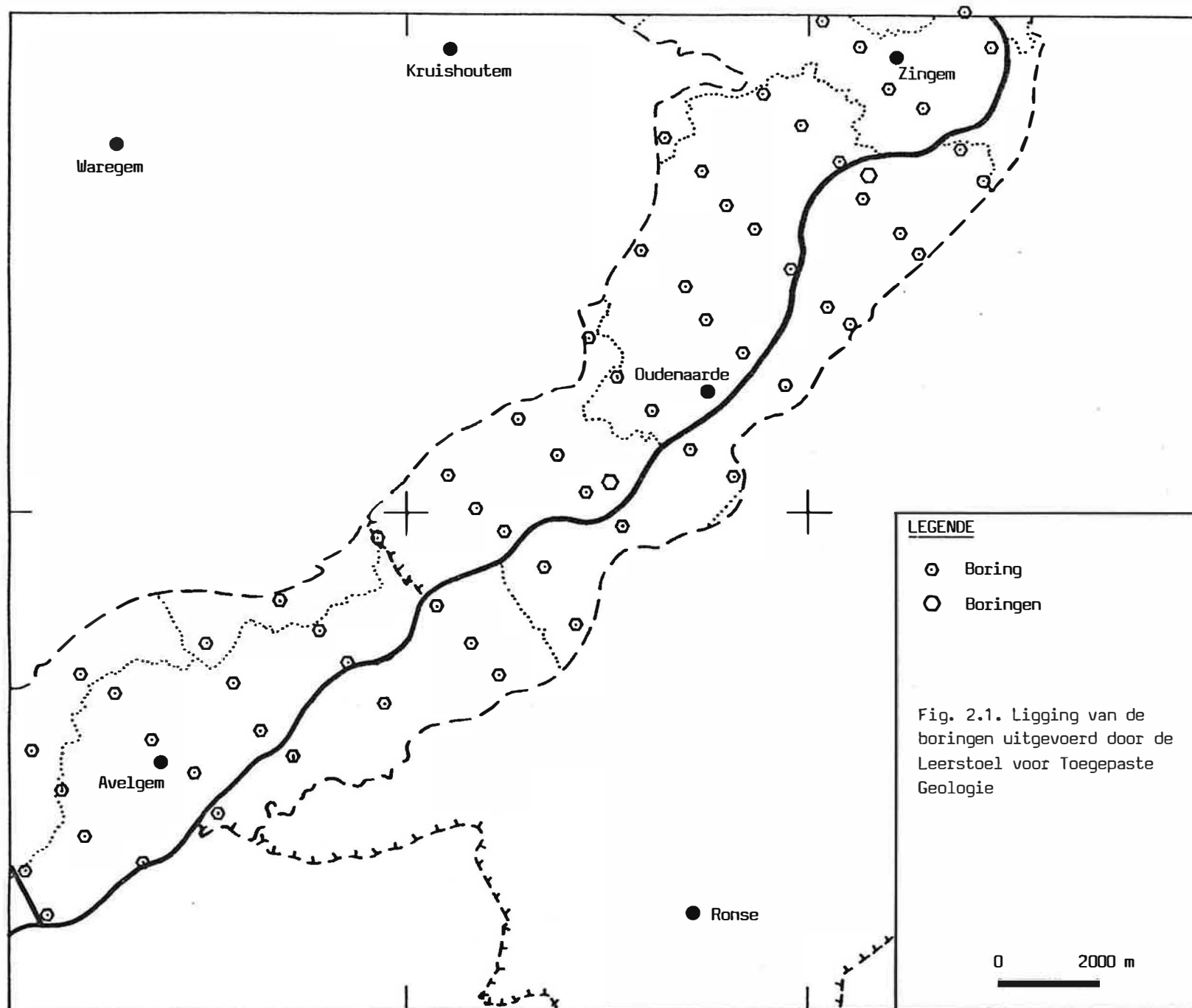
#### 2.2.2.3. Uitvoering

Alle boringen werden uitgevoerd volgens het draaiend boren met normale cirkulatie. De boordiameter bedroeg over de totale lengte 0.090 m met uitzondering van de twee pompputten in het kader van de pompproeven ( $\emptyset$  0,200 m). Gedurende de eerste boorfase werd 1440,4 m geboord; de gemiddelde diepte bedroeg 22,16 m met een maximum van 33,8 m en een minimum van 8,0 m. In de tweede fase werd 124,0 m geboord wat overeenkomt met een gemiddelde diepte per put van 20,7 m (tabel 2.2.).

Bij elke boring werd er naar gestreeft het tertiaire substraat (de Klei van Vlaanderen) te bereiken; dit werd in 89% van de gevallen verwezenlijkt.

Acht boringen (SB\* 17, SB 24, SB 28, SB 32, SB 36, SB 41, SB 55 en SB 65) raakten niet tot in de Yc klei. Meestal diende de boring in deze gevallen gestopt te worden in het basisgrint wat te wijten is aan de boorbaarheid van het grint.

\* SB = spoelboring



Tabel 2.2. - Boringen uitgevoerd door de L.T.G. in het kader van de kaarten-atlas van de Scheldevallei

Kaart-blad	Nr. boring	Datum van uitvoering	X Lambert	Y Lambert	Z (m T.A.W.)	Totale diepte (m)	Opmerkingen
22/5	SB 1	23.11.82	101270	178305	+ 8,78	17,8	
30/1	SB 2	22.11.82	101735	177590	+ 9,27	19,8	
30/1	SB 3	10.11.82	98330	178085	+10,20	23,8	
30/1	SB 4	19.11.82	99065	177580	+13,20	23,8	
30/1	SB 5	09.11.82	99690	176725	+14,23	26,6	
30/1	SB 6	18.11.82	100380	176300	+ 9,97	21,3	
30/1	SB 7	17.11.82	101065	175470	+10,21	17,8	
30/1	SB 8	16.11.82	101630	174910	+13,48	17,8	
29/4	SB 9	02.12.82	97135	176690	+17,72	27,8	
29/4	SB 10	30.11.82	97875	175965	+21,90	31,8	
30/1	SB 11	29.11.82	98635	175265	+11,37	23,8	
30/1	SB 12	26.11.82	99080	174540	+ 9,24	20,8	
30/1	SB 13	24.11.82	99915	173870	+13,41	21,8	
30/1	SB 14	25.11.82	100310	173460	+15,09	13,8	
29/4	SB 15	03.12.82	95110	175782	+23,28	19,8	
29/4	SB 16	07.12.82	95870	175094	+24,71	33,8	
29/4	SB 17	12.12.82	96378	174388	+18,19	29,8	Yc niet bereikt
29/4	SB 18	13.12.82	97010	173905	+19,97	29,0	
29/4	SB 19	14.12.82	97695	173090	+ 9,79	23,8	
30/1	SB 20	15.12.82	98480	172345	+13,60	21,0	
30/1	SB 21	16.12.82	98985	172035	+19,60	9,8	
29/4	SB 22	28.02.83	94660	173462	+24,21	29,8	
29/4	SB 23	01.03.83	95525	172730	+23,26	31,0	
29/4	SB 24	02.03.83	95980	172050	+23,92	32,8	Yc niet bereikt
29/4	SB 25	03.03.83	96810	171420	+11,21	22,0	
29/4	SB 26	04.03.83	97555	170795	+14,81	14,0	
29/4	SB 27	11.03.83	93651	171670	+20,69	24,0	
29/4	SB 28	10.03.83	94200	170855	+15,72	22,3	Yc niet bereikt
29/4	SB 29	09.03.83	94780	170215	+10,32	19,0	
29/4	SB 30	08.03.83	95655	169495	+11,89	18,0	
29/4	SB 31	07.03.83	96502	168855	+17,86	10,0	
29/4	SB 32	15.03.83	92205	170064	+22,13	28,2	Yc niet bereikt
29/4	SB 33	16.03.83	92965	169370	+21,43	28,0	
29/4	SB 34	17.03.83	93566	168620	+11,83	26,0	
29/8	SB 35	07.03.83	94300	167930	+12,10	10,6	
29/4	SB 36	18.03.83	90775	168910	+21,33	20,0	Yc niet bereikt
29/4	SB 37	14.04.83	91356	168282	+17,32	25,0	
29/8	SB 38	18.01.83	91945	167815	+11,43	21,8	
29/8	SB 39	31.05.83	92750	167050	+17,22	28,0	
29/8	SB 40	30.05.83	93335	165980	+16,75	10,0	
29/7	SB 41	18.04.83	89355	167680	+22,61	24,0	Yc niet bereikt
29/7	SB 42	15.04.83	89640	166835	+18,23	28,0	
29/8	SB 43	26.05.83	90605	166320	+11,70	18,0	
29/8	SB 44	27.05.83	91155	165555	+14,47	22,0	
29/8	SB 45	30.05.83	91815	164930	+14,03	8,0	
29/7	SB 46	19.04.83	87315	166445	+23,68	24,0	
29/7	SB 47	20.04.83	88165	165855	+14,36	22,0	
29/7	SB 48	18.05.83	88790	165090	+13,24	24,0	
29/7	SB 49	25.05.83	89535	164390	+11,63	18,0	
29/7	SB 50	25.04.83	85235	166315	+20,47	24,0	



Tabel 2.2. - Boringen uitgevoerd door de L.T.G. in het kader van de kaarten-atlas van de Scheldevallei - vervolg

Kaart-blad	Nr. boring	Datum van uitvoering	X Lambert	Y Lambert	Z (m T.A.W.)	Totale diepte (m)	Opmerkingen
29/7	SB 51	28.04.83	85860	165530	+18,98	28,0	Yc niet bereikt
29/7	SB 52	22.04.83	86435	164765	+15,86	22,0	
29/7	SB 53	21.04.83	86965	163775	+13,05	16,0	
29/7	SB 54	17.05.83	87653	163320	+14,04	8,0	
29/7	SB 55	06.05.83	83330	164970	+22,39	32,0	
29/7	SB 56	03.05.83	84010	164595	+20,07	30,0	
29/7	SB 57	29.04.83	84770	163605	+20,77	28,0	
29/7	SB 58	02.05.83	85610	162895	+12,24	18,0	
29/7	SB 59	17.05.83	86110	162165	+14,04	8,0	
29/7	SB 60	09.05.83	82380	163410	+22,76	24,0	
29/7	SB 61	10.05.83	82960	162585	+16,33	28,0	Yc niet bereikt
29/7	SB 62	11.05.83	83435	161695	+15,75	20,0	
29/7	SB 63	16.05.83	84645	161085	+12,94	20,0	
29/7	SB 64	20.05.83	82355	160995	+20,52	31,0	
29/7	SB 65	19.05.83	82675	160125	+15,61	19,4	
30/1	SB 66	17.08.83	99235	175030	+ 9,58	21,0	geboord in het kader van de 2 pompproeven
30/1	SB 67	19.08.83	99240	175032	+ 9,58	21,0	
30/1	SB 68	24.08.83	99250	175035	+ 9,58	18,0	
29/4	SB 69	29.08.83	94070	168750	+10,32	22,0	
29/4	SB 70	26.08.83	94075	168755	+10,32	21,0	
29/4	SB 71	25.08.83	94080	168765	+10,32	21,0	

#### 2.2.2.4. Resultaten

Alle boorstaten zijn opgenomen in bijlage 3. Deze zijn een weergave van makroscopische visuele waarnemingen op het terrein. Bij de beschrijving werd de klassifikatie zoals opgenomen in bijlage 4 zoveel mogelijk gevolgd.

#### 2.2.3. Geofysische boorgatmetingen

##### 2.2.3.1. Doel

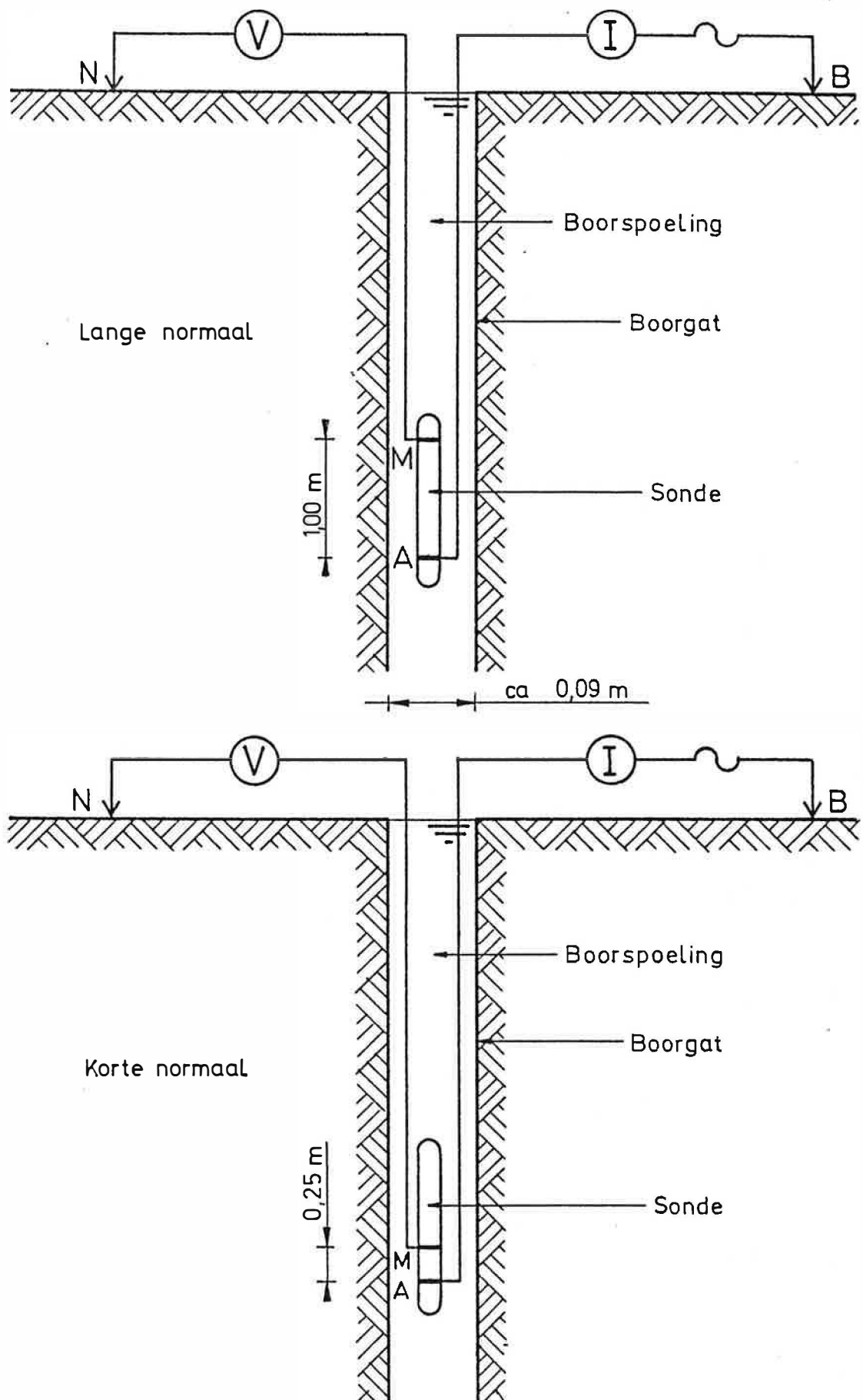
Teneinde meer informatie te verkrijgen over de litologie van de aangeboorde lagen bij spoelboringen en aldus de filterelementen van de peilbuizen ter hoogte van de meest doorlatende zones te kunnen plaatsen werden in alle boorgaten elektrische boorgatmetingen uitgevoerd.

##### 2.2.3.2. Uitvoering

In elk gat werden resistiviteitsmetingen uitgevoerd volgens de lange-(LN) en korte-normaal opstelling (KN). Bij de LN-sonde is de afstand tussen stroom-en meetelektrode 1,00 m, bij de KN-sonde 0,25 m. De elektroden van de sondes zijn ringelektroden met een diameter van 32 mm en een breedte van 5 mm, De andere elektroden werden aan het oppervlak geplaatst op een grote onderlinge afstand en even ver ten overstaan van het boorgat. Men neemt aan dat zij op oneindig staan (fig. 2.2.).

Beide parameters werden niet continu geregistreerd; om de 0,25 m werden puntmetingen uitgevoerd.

Bij boring SB 38 werden verschillende parameters opgemeten met het toestel GEOLOGGER 3400 van OYO. Naast de elektrische weerstand werden de boorgatdiameter en de natuurlijke gammastraling continu geregistreerd.



A en B : stroomelektroden  
M en N : spanningselektroden

$$\text{Resistiviteit} = \rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

K = konstante van de sonde

Fig.2.2 Geofysische boorgatmetingen

### 2.2.3.3. Resultaten

Alle resultaten zijn opgenomen in bijlage 5; de grafieken zijn uitgezet ten overstaan van de litologische doorsnede.

De LN-waarden benaderen het best de reële resistiviteit van de formatie terwijl de verschillen tussen de litologische eenheden het best worden geaccentueerd door de KN-metingen (KUNZ & MORAN, 1958; WALTER et al, 1976).

### 2.2.4. Uitbouw van het piëzometernet

Alle boorgaten werden na uitvoering en na interpretatie en vergelijking met de boorbeschrijving en de waarnemingen betreffende de snelheid van de boorbeitel, uitgebouwd tot hydrogeologische waarnemingspunten. Ze werden uitgerust met een PVC-filter en een PVC-stijgbuis; tevens bevindt zich onder elk filterelement een bezinkingsbuis van ca. 1 m lengte.

De nominale diameter van alle peilbuizen bedraagt 0,057 m met uitzondering van de 2 pompputten SB 65 en SB 69 geboord in het kader van de uit te voeren pompproeven (zie 2.2.3.). De lengte van de filterelementen bedraagt meestal 1,0 à 2,0 m uitgezonderd SB 5 en de pompputten SB 66 (7,0 m) en SB 69 (6,5 m) (zie tabel 2.3.)

De ringvormige ruimte rond de filterelementen werd opgevuld met een omstorting van gekalibreerd middelmatig tot grof kwartszand (0,7 - 1,25 mm). Ter hoogte van slecht doorlatende lagen is boven de omstorting een kleistop aangebracht.

De meeste peilbuizen werden onder het maaiveld afgewerkt met een deksteen, slechts 16 bleven boven het maaiveld uitsteken; het betreft SB 16, SB 28, SB 32, SB 34, SB 35, SB 41, SB 47, SB 53, SB 57, SB 59, SB 65, SB 66, SB 67, SB 69 F1, SB 69 F2, en SB 71.

Na afwerking van de putten werden deze schoongepompt en

Tabel 2.3. - Overzicht van de geplaatste peilbuizen in het kader van de kaartenatlas van de Scheldevallei

Boring	Filter	Lambert koördinaten		peil maai- veld (m.TAW)	top peil- buis (m.TAW)	Filter				lengte  (m)	Ø  (mm)
		X	Y			diepte (m-maaiv.) TOP BASIS		peil TOP	(m.TAW) BASIS		
SB 1	-	101270	178305	+ 8,78	+ 8,703	13,6 - 15,6		- 4,82 tot - 6,82		2,00	57/63
SB 2	-	101735	177590	+ 9,27	+ 9,170	13,8 - 15,95		- 4,53 tot - 6,68		2,15	57/63
SB 3	-	98330	178085	+ 10,20	+10,101	19,8 - 20,8		- 9,6 tot -10,6		1,00	57/63
SB 4	-	99065	177580	+ 13,20	+13,086	19,35- 21,25		- 6,15 tot - 8,05		1,90	57/63
SB 5	-	99690	176725	+ 14,23	+14,110	21,8 - 26,4		- 7,57 tot -12,17		4,60	57/63
SB 6	-	100380	176300	+ 9,97	+ 9,845	15,0 - 16,9		- 5,03 tot - 6,93		1,90	57/63
SB 7	-	101065	175470	+ 10,21	+10,099	14,7 - 15,7		- 4,49 tot - 5,49		1,00	57/63
SB 8	-	101630	174910	+ 13,48	+13,375	15,05- 16,15		- 1,57 tot - 2,67		1,10	57/63
SB 9	-	97135	176690	+ 17,72	+17,553	22,05- 24,05		- 4,33 tot - 6,33		2,00	57/63
SB 10	-	97875	175965	+ 21,90	+21,730	26,45- 28,45		- 4,55 tot - 6,55		2,00	57/63
SB 11	-	98635	175265	+ 11,37	+11,0	18,0 - 19,0		- 6,63 tot - 7,63		1,00	57/63
SB 12	-	99080	174540	+ 9,24	+ 9,144	14,85- 16,85		- 5,61 tot - 7,61		2,00	57/63
SB 13	-	99915	173870	+ 13,41	+13,283	17,95- 19,95		- 4,54 tot - 6,54		2,00	57/63
SB 14	-	100310	173460	+ 15,09	+14,964	8,8 - 11,2		+ 6,29 tot + 3,89		2,40	57/63
SB 15	-	95110	175782	+ 23,28	+23,123	14,20- 16,20		+ 9,08 tot + 7,08		2,00	57/63
SB 16	-	95870	175094	+ 24,71	+24,85	24,0 - 26,0		+ 0,71 tot - 1,29		2,00	57/63
SB 17	-	96378	174388	+ 18,19	+18,197	22,0 - 24,0		- 3,81 tot - 5,81		2,00	57/63
SB 18	-	97010	173905	+ 19,97	+19,829	24,5 - 26,5		- 4,53 tot - 6,53		2,00	57/63
SB 19	-	97695	173090	+ 9,79	+ 9,554	14,45- 16,45		- 4,66 tot - 6,66		2,00	57/63
SB 20	-	98480	172345	+ 13,60	+13,502	13,9 - 15,9		- 0,30 tot - 2,30		2,00	57/63
SB 21	-	98985	172035	+ 19,60	+19,529	3,0 - 5,0		+14,6 tot + 12,6		2,00	57/63
SB 22	-	94660	173462	+ 24,21	+24,043	24,0 - 25,0		+ 0,21 tot - 0,79		1,00	57/63
SB 23	-	95525	172730	+ 23,26	+23,150	28,05- 29,05		- 4,79 tot - 5,79		1,00	57/63
SB 24	-	95980	172050	+ 23,92	+23,791	16,75- 17,75		+ 7,17 tot + 6,17		1,00	57/63
SB 25	-	96810	171420	+ 11,21	+11,087	19,25- 20,25		- 8,04 tot - 9,04		1,00	57/63
SB 26	-	97555	170795	+ 14,81	+14,674	3,00- 4,00		+11,81 tot +10,81		1,00	57/63
SB 27	-	93615	171670	+ 20,69	+20,764	17,5 - 19,5		+ 3,19 tot + 1,19		2,00	57/63
SB 28	-	94200	170855	+ 15,72	+15,764	20,1 - 22,1		- 4,38 tot - 6,38		2,00	57/63
SB 29	-	94780	170215	+ 10,32	+10,215	16,2 - 17,2		- 5,88 tot - 6,88		2,00	57/63
SB 30	-	95655	169495	+ 11,89	+11,714	13,5 - 15,5		- 1,61 tot - 3,61		2,00	57/63
SB 31	-	96502	168855	+ 17,86	+17,671	3,0 - 4,0		+14,86 tot +13,86		1,00	57/63
SB 32	-	92205	170064	+ 22,13	+22,215	25,9 - 27,9		- 3,77 tot - 5,77		2,00	57/63
SB 33	-	92965	169370	+ 21,43	+21,604	24,4 - 26,4		- 2,97 tot - 4,97		2,00	57/63
SB 34	-	93566	168620	+ 11,83	+11,943	18,75- 20,75		- 6,92 tot - 8,92		2,00	57/63
SB 35	-	94300	167930	+ 12,10	+12,123	6,0 - 8,0		+ 6,1 tot + 4,1		2,00	57/63
SB 36	-	90775	168910	+ 21,33	+21,143	15,1 - 17,1		+ 6,23 tot + 4,23		2,00	57/63
SB 37	-	91356	168282	+ 17,32	+17,184	21,0 - 23,0		- 3,68 tot - 5,68		2,00	57/63
SB 38	-	91945	167815	+ 11,43	+11,233	14,8 - 15,8		- 3,37 tot - 4,37		1,00	57/63
SB 39	-	92750	167050	+ 17,22	+17,130	16,0 - 18,0		+ 1,22 tot - 0,78		2,00	57/63
SB 40	-	93335	165980	+ 16,75	+16,620	6,0 - 7,0		+10,75 tot + 9,75		1,00	57/63
SB 41	-	89355	167680	+ 22,61	+22,657	14,0 - 15,0		+ 8,61 tot + 7,61		1,00	57/63
SB 42	-	89640	166835	+ 18,23	+18,073	24,1 - 25,1		- 5,81 tot - 6,81		1,00	57/63
SB 43	-	90605	166320	+ 11,70	+11,532	14,0 - 15,0		- 2,3 tot - 3,3		1,00	57/63
SB 44	-	91155	165555	+ 14,47	+14,307	16,0 - 17,0		- 1,6 tot - 2,6		1,00	57/63
SB 45	-	91815	164930	+ 14,03	+13,937	2,75- 3,75		+11,28 tot +10,28		1,00	57/63
SB 46	-	87315	166445	+ 23,68	+23,532	12,0 - 13,0		+11,68 tot +10,68		1,00	57/63
SB 47	-	88165	165855	+ 14,36	+14,468	18,5 - 19,5		- 4,14 tot - 5,14		1,00	57/63
SB 48	-	88790	165090	+ 13,24	+13,103	17,0 - 18,0		- 3,76 tot - 4,76		1,00	57/63
SB 49	-	89535	164390	+ 11,63	+11,531	13,5 - 14,5		- 1,87 tot - 2,87		1,00	57/63
SB 50	-	85235	166315	+ 20,47	+20,417	15,3 - 17,3		+ 5,17 tot + 3,17		2,00	57/63
SB 51	-	85860	165530	+ 18,98	+18,840	22,0 - 24,0		- 3,1 tot - 5,1		2,00	57/63
SB 52	-	86435	164765	+ 15,86	+15,734	17,35- 19,50		- 1,49 tot - 3,64		2,15	57/63
SB 53	-	86965	163775	+ 13,05	+13,087	8,4 - 10,6		+ 4,65 tot + 2,45		2,20	57/63
SB 54	-	87653	163320	+ 14,04	+13,947	2,0 - 3,0		+12,04 tot +11,04		1,00	57/63
SB 55	-	83330	164970	+ 22,39	+22,246	24,5 - 26,5		- 2,11 tot - 4,11		2,00	57/63
SB 56	-	84010	164595	+ 20,07	+19,922	25,0 - 26,0		- 4,93 tot - 5,93		1,00	57/63
SB 57	-	84770	163605	+ 20,77	+20,862	23,5 - 25,5		- 2,73 tot - 4,73		2,00	57/63
SB 58	-	85610	162895	+ 12,24	+12,127	14,0 - 15,0		- 1,76 tot - 2,76		1,00	57/63
SB 59	-	86110	162165	+ 14,04	+14,203	4,5 - 6,5		+ 9,54 tot + 7,54		2,00	57/63
SB 60	-	82380	163410	+ 22,76	+22,606	11,0 - 12,0		+11,76 tot +10,76		1,00	57/63
SB 61	-	82960	162585	+ 16,33	+16,233	21,0 - 22,0		- 4,67 tot - 5,67		1,00	57/63
SB 62	-	83435	161695	+ 15,75	+15,551	14,5 - 15,5		+ 1,25 tot + 0,25		1,00	57/63
SB 63	-	84645	161085	+ 12,94	+12,818	14,5 - 15,5		- 1,56 tot - 2,56		1,00	57/63
SB 64	-	82355	160995	+ 20,52	+20,453	19,75- 20,75		+ 0,77 tot - 0,23		1,00	57/63
SB 65	-	82675	160125	+ 15,61	+15,719	17,25- 19,25		- 1,64 tot - 3,64		2,00	57/63
SB 66	-	99235	175030	+ 9,58	+ 9,686	8,50 -15,50		+ 1,08 tot - 5,92		7,00	110
SB 67	-	99240	175032	+ 9,58	+ 9,627	12,0 - 14,0		- 2,42 tot - 4,42		2,00	57/63
SB 68	-	99250	175035	+ 9,58	+ 9,517	12,0 - 14,0		- 2,42 tot - 4,42		2,00	57/63
SB 69	F1	94070	168750	+ 10,32	+10,427	12,0 - 18,5		- 1,68 tot - 8,18		6,50	110
SB 69	F2	94070	168750	+ 10,32	+10,399	15,0 - 17,0		- 4,68 tot - 5,68		2,00	40
SB 70	-	94075	168755	+ 10,32	+10,282	15,0 - 17,0		- 4,68 tot - 6,68		2,00	57/63
SB 71	-	94080	168765	+ 10,32	+10,392	14,5 - 16,5		- 4,18 tot - 6,18		2,00	57/63

ontwikkeld.

#### 2.2.5. Waterpassing

##### 2.2.5.1. Doel

Teneinde de litologische grensvlakken en de opgemeten stijghoogten te kunnen interpreteren worden al deze gegevens bepaald ten overstaan van een referentievlak. Voor deze studie werd het referentievlak van de Tweede Algemene Waterpassing (T.A.W.) van het Rijk aangenomen.

##### 2.2.5.2. Uitvoering

Het peil van het maaiveld en van de top van de stijgbuis werd gemeten met een WILD-NAK 2 toestel en een meetbaken met aanduiding om de 10 mm. Alle hoogtemerktekenswaarvan werd vertrokken behoren tot de referentiepunten zoals aangegeven door het Nationaal Geografisch Instituut (tabel 2.4.). Ter controle van de juistheid van de metingen werden alle meetkringen gesloten.

##### 2.2.5.3. Resultaten

Het peil van de top van de peilbuizen en van het maaiveld ter plaatse van de boringen zijn eveneens vermeld in tabel 2.3. tot op 3 cijfers na de komma, in meters TAW. Naast de hoogtemeting (Z-coördinaat) zijn tevens de X- en Y-coördinaten weergegeven (volgens de Lambert-projectie), ze werden bepaald aan de hand van de ligging op kaartbladen 1:10.000 van het N.G.I.

Tabel 2.4. - Overzicht van de gebruikte hoogtemerkeken van het N.G.I. in het kader van de kaartenatlas van de Scheldevallei

KAARTBLAD	GEMEENTE	STAMNUMMER	HOOGTE (m. TAW)
29/4	BEVERE	Ebc15	19,355
29/4	BEVERE	Ehm2	15,532
29/4	BEVERE	Ehm3	18,239
29/4	BEVERE	Ebm2	27,401
29/4	EINE	Ebc14	15,642
29/4	EINE	Eb24	20,875
29/4	ELSEGEM	Em53	23,444
29/4	HUISE	Eb19	24,507
29/4	LEUPEGEM	Ech13	15,372
29/4	MELDEN	Eh3	14,795
29/4	MOREGEM	Em3	43,211
29/4	MULLEM	Eb21	27,205
29/4	OOIKE	Ebm3	33,057
29/4	OUDENAARDE	Ech15	14,013
29/4	PETEGEM	Ehm4	22,430
29/7	AVELGEM	Ejhl1m	16,368
29/7	AVELGEM	Ehm14	17,301
29/7	BOSSUIT	Elj4	18,832
29/7	HEESTERT	El46	26,759
29/7	KERKHOVE	Ehm8	16,831
29/7	KERKHOVE	Ehm9	18,077
29/7	OTEGEM	Em115	18,911
29/7	OTEGEM	Em116	18,739
29/7	OUTRIJVE	Elj2	15,834
29/7	RUIEN	Eh17	37,471
29/7	RUIEN	Eh19	28,164
29/7	TIEGEM	Em16	49,761
29/7	WAARMAARDE	Ehm12	15,316
29/8	ELSEGEM	Ehm6	15,638
29/8	ELSEGEM	Ehm6-1	17,765
29/8	KWAREMONT	Eh10	25,551
29/8	MELDEN	Eh4	12,582
29/8	MELDEN	Eh6	28,850
30/1	ENAME	Ec18-1	53,212
30/1	ENAME	Ec19	14,892
30/1	MATER	Ebc8	14,458
30/1	NEDER-ENAME	Ebc10	13,017
30/1	NEDER-ENAME	Ebc11	12,723
30/1	WELDEN	Ebc6	13,990
30/1	ZINGEM	Eb28	13,052
30/1	ZINGEM	Eb29	14,414
30/1	ZINGEM	Eb31	10,741
30/1	ZINGEM	Eb32	10,541

## 2.2.6. Stijghoogtewaarnemingen

### 2.2.6.1. Algemeen

De stijghoogte wordt gedefinieerd als de som van de drukhoogte en de plaatshoogte in een punt, en is een maat van de hydrodynamische potentiaal van het grondwater op die plaats.

De stijghoogte van het grondwater kan variëren als gevolg van natuurlijke of kunstmatige factoren. De belangrijkste natuurlijke factoren zijn neerslag of verdamping; grondwaterwinning en oppervlaktewaterbeheersing kunnen belangrijke kunstmatige invloeden zijn. Bij de verandering van de stijghoogte in de tijd kunnen drie typen van schommelingen onderscheiden worden :

- meerjarige schommelingen, te wijten aan een opeenvolging van natte of droge jaren
- jaarlijkse schommelingen, bestaande uit een jaarlijkse opeenvolging van een opvullings- en afvoerperiode
- onregelmatige schommelingen, ten gevolge van korte perioden met hevige neerslag, grondwaterwinning, enz.

Uit het verloop van de stijghoogte kan de stroomrichting van het grondwater in een watervoerend pakket worden afgeleid.

### 2.2.6.2. Uitvoering

De metingen gebeurden met een elektrische peilmeter ten overstaan van de genivelleerde top van de peilbuis.

In het bestek van deze studie werden van oktober 1983 tot en met november 1985 (met uitzondering van de strenge winterperiode januari en februari 1985) maandelijkse stijghoogtemetingen uitgevoerd. De waarnemingen gebeurden in de peilbuizen geplaatst gedurende de eerste boorfaze (t.t.z. SB 1 tot en met SB 65) en



deze geplaatst in het kader van de pompproeven (SB 66 en SB 69). De peilbuizen SB 7, SB 11 en SB 36 waren vanaf het begin der opmetingen onbeschikbaar (vernietigd) terwijl slechts enkele metingen konden doorgaan op SB 30 en SB 65. Alle waarnemingen zijn opgenomen in tabel 2.5. en werden tevens verwerkt tot stijghoogtegrafieken (bijlage 6). Twee kaarten, toestanden voorstellend representatief voor de stijghoogte in het kwartair reservoir na een periode van opvulling (13 - 14 februari 1984) en na een periode van afvoer (11-12-13 september 1984), zijn opgenomen in de kaartenatlas (KAART 7 en 8).

#### 2.2.6.3. Resultaten

De resultaten van de peilwaarnemingen worden besproken in hoofdstuk 3.5.

#### 2.2.7. Pompproeven

##### 2.2.7.1. Inleiding

In het kader van dit projekt werden twee pompproeven uitgevoerd. Ze hadden tot doel de hydraulische kenmerken van de kwartaire afzettingen te bepalen. Deze proeven werden in overleg met de heren Ir. P. VAN STEELANDT (Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie) en Ir. W. WALRAEVENS (T.M.V.W.), steunend op de beschikbare gegevens, ingeplant op de grondgebieden van Oude-naarde (deelgemeente WELDEN - pompproef I) en van Wortegem-Petegem (deelgemeente PETEGEM - pompproef II) fig. 2.3.

##### 2.2.7.2. Algemene begrippen

In het kort worden enkele algemene begrippen betreffende de soorten watervoerende lagen en hun hydraulische kenmerken vermeld.

Tabel 2.5. - Stijghoogte waarnemingen gebeurd in het kader van de kaartenatlas van de Scheldevallei (okt. 1983 - sept. 1984)

Boring nr.	Top peil- buis (m T.A.W.)	12-13-14/ 10/83	16-17-18/ 11/83	14-15-16/ 12/83	16-17-18/ 01/84	13-14/ 02/84	14-15-16/ 03/84	16-17-18/ 04/84	14-15-16/ 05/84	19-20-21/ 06/84	10-12-13/ 07/84	20-22-23/ 08/84	11-12-13/ 09/84
SB1	8,703	7,718	7,903	8,128	8,213	8,193	8,173	8,128	7,963	7,963	7,793	7,728	7,923
SB2	9,170	-	-	8,102	8,425	8,410	8,375	8,280	7,915	8,030	7,760	7,640	7,780
SB3	10,101	9,171	9,206	9,481	9,701	9,861	9,831	9,751	9,501	9,526	9,211	9,241	9,401
SB4	13,086	10,931	10,866	11,076	11,616	12,396	12,166	12,091	11,611	11,736	11,381	11,156	11,126
SB5	14,110	-	-	-	12,030	13,035	12,950	12,925	12,460	12,500	12,140	11,815	11,730
SB6	9,845	8,175	8,325	8,850	9,150	9,185	9,155	9,075	8,800	8,845	8,600	8,385	8,390
SB7	10,099	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB8	13,375	10,305	10,175	10,220	10,625	12,040	11,755	11,760	11,190	11,285	10,935	10,605	10,525
SB9	17,553	16,718	16,643	16,608	15,363	16,948	16,813	16,738	16,383	16,398	16,123	15,988	16,023
SB10	21,730	17,810	17,650	17,615	17,780	18,620	18,515	18,520	18,190	18,115	17,900	17,645	17,540
SB11	11,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB12	9,144	8,399	8,489	8,659	8,914	8,873	8,939	8,799	8,544	8,704	8,679	8,414	8,554
SB13	13,283	10,093	10,003	10,273	11,308	11,673	11,488	11,423	11,298	11,263	10,843	10,603	10,713
SB14	14,964	11,689	11,649	-	-	14,044	13,749	13,709	13,362	13,584	13,214	-	12,364
SB15	23,123	-	21,868	22,233	22,503	22,523	22,523	22,453	22,208	22,288	22,038	22,003	22,123
SB16	24,850	22,975	22,865	22,820	22,790	23,475	23,485	23,525	23,235	23,210	22,950	22,620	22,450
SB17	18,117	17,867	17,857	17,977	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	17,962	17,882
SB18	19,828	16,023	15,838	15,873	16,073	17,453	17,238	17,308	16,848	16,898	16,498	16,183	16,058
SB19	9,554	8,449	8,574	8,929	9,079	9,144	9,014	8,919	8,754	8,794	8,614	8,544	8,614
SB20	13,502	10,042	9,942	10,067	10,412	12,862	11,522	11,477	11,022	11,212	10,842	10,417	10,332
SB21	19,529	15,854	16,024	16,079	17,449	17,989	18,224	18,519	18,169	17,989	17,309	16,529	16,284
SB22	24,043	20,488	20,553	20,838	21,573	22,273	22,113	21,993	21,438	21,423	21,043	20,863	20,833
SB23	23,150	20,140	20,050	20,265	20,535	20,870	20,740	20,695	20,420	20,435	20,230	20,055	20,090
SB24	23,791	15,206	15,141	15,071	14,996	14,301	14,291	14,276	14,301	14,306	14,291	14,291	14,281
SB25	11,087	9,462	9,547	9,857	10,107	10,302	10,137	10,077	9,907	9,977	9,707	9,562	9,737
SB26	14,674	13,284	13,294	13,864	14,504	14,274	14,184	14,064	13,694	13,644	13,419	13,524	13,629
SB27	20,764	20,724	20,764	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	20,729	20,764
SB28	15,764	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over
SB29	10,215	9,240	9,355	9,485	9,550	9,565	9,595	9,600	9,385	9,410	9,190	9,215	9,325
SB30	11,714	9,904	9,999	10,394	10,689	10,774	10,669	-	-	-	-	-	-
SB31	17,671	16,291	16,251	16,531	16,756	16,701	16,681	16,636	16,571	16,631	16,391	16,111	16,641
SB32	22,215	19,990	19,990	20,359	20,970	21,915	21,880	21,803	21,250	21,355	21,030	20,535	20,485
SB33	21,604	17,534	17,354	17,559	17,994	19,314	19,219	19,244	18,734	18,774	18,314	18,004	17,929
SB34	11,943	10,248	10,238	10,253	10,308	10,873	10,843	10,788	10,543	10,603	10,393	10,378	10,373
SB35	12,123	10,808	10,288	10,553	11,023	11,293	11,163	11,108	10,808	10,913	10,793	10,503	10,653

Tabel 2.5. - Stijghoogtewaarnemingen gebeurd in het kader van de kaartenatlas van de Scheldevallei (okt. 1983 - sept. 1984) vervolg

SB36	21,143	18,563	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB37	17,184	16,484	16,409	16,374	16,319	17,164	17,044	16,964	16,484	16,469	16,144	15,864	15,824
SB38	11,233	10,408	10,483	10,728	11,048	11,203	11,098	11,038	11,008	10,993	10,753	10,743	10,693
SB39	17,130	10,835	10,750	11,010	11,300	11,000	10,860	11,120	10,810	10,820	10,710	10,570	10,820
SB40	16,620	13,970	13,910	14,165	14,605	15,280	15,050	14,970	14,830	14,780	14,680	14,480	14,360
SB41	22,657	21,752	21,672	21,617	21,537	22,092	22,197	22,162	21,467	21,797	21,177	20,512	20,317
SB42	18,073	14,168	13,938	13,853	14,113	15,433	15,438	15,478	15,093	15,113	14,718	14,348	14,218
SB43	11,532	-	-	-	-	10,962	10,932	10,932	10,822	10,822	10,782	10,702	10,747
SB44	14,307	12,057	11,942	11,967	12,547	13,357	13,237	13,207	12,777	12,867	12,567	12,242	12,197
SB45	13,937	11,207	11,152	11,642	11,777	13,367	12,077	12,002	12,937	12,857	11,587	11,327	11,777
SB46	23,532	-	21,057	20,857	20,822	22,292	22,512	22,467	21,832	21,982	21,502	20,817	20,587
SB47	14,468	13,603	12,488	12,788	13,403	14,038	14,013	13,958	13,618	13,508	13,183	12,928	12,898
SB48	13,103	-	10,128	10,213	10,363	10,413	10,338	10,323	10,243	10,293	10,133	10,013	10,263
SB49	11,531	9,566	9,706	10,051	10,516	10,921	10,781	10,706	10,431	10,441	10,361	9,961	10,126
SB50	20,417	18,107	18,032	18,277	19,092	19,437	19,312	19,202	18,797	18,817	18,612	18,347	18,317
SB51	18,840	16,305	16,265	16,230	16,225	17,830	17,695	17,555	17,010	17,075	16,855	16,210	16,103
SB52	15,734	12,974	12,949	12,934	13,064	14,314	14,354	14,939	14,384	14,349	14,064	13,589	13,574
SB53	13,087	9,057	8,867	8,827	9,287	9,837	10,002	10,142	9,917	9,897	9,762	9,602	9,672
SB54	13,947	11,472	11,857	12,297	13,157	13,527	13,337	13,292	12,887	12,982	12,437	11,722	11,837
SB55	22,240	18,645	18,600	18,625	18,595	20,750	20,660	20,495	19,990	20,055	20,255	18,920	18,680
SB56	19,922	16,727	16,587	17,162	17,232	18,827	18,787	18,602	18,112	18,252	17,752	17,072	16,892
SB57	20,862	16,227	16,187	16,182	16,232	18,192	18,182	18,152	17,612	17,677	17,202	16,722	16,577
SB58	12,127	10,887	10,897	11,052	11,392	11,477	11,372	11,267	11,027	11,077	10,967	10,757	10,847
SB59	14,203	12,223	12,253	12,563	12,728	12,873	12,818	12,883	12,588	12,883	12,683	12,533	12,478
SB60	22,606	20,471	20,196	20,081	20,211	21,951	21,851	21,746	21,336	21,376	21,181	-	20,256
SB61	16,233	15,593	15,593	15,723	16,203	16,203	16,213	loopt over	15,983	16,033	15,813	15,513	15,593
SB62	15,551	14,351	14,346	14,391	14,441	14,661	14,406	14,871	14,366	14,356	14,171	13,971	14,311
SB63	12,818	11,668	11,683	11,738	11,878	11,998	11,913	11,908	11,798	11,808	11,708	11,618	11,588
SB64	20,453	18,493	18,468	18,628	18,808	19,483	19,378	19,363	19,273	19,243	19,283	19,163	19,108
SB65	15,719	-	-	-	12,759	12,974	13,094	13,114	13,039	-	-	-	-
SB66	9,686	8,526	8,586	8,731	8,731	8,938	8,936	9,191	8,716	8,746	8,706	8,471	8,626
SB69	10,427	9,377	9,507	9,877	-	9,679	10,032	9,567	9,572	9,612	9,552	9,737	9,442

Tabel 2.5. - Stijghoogtewaarnemingen gebeurd in het kader van de kaartenatlas van de Scheldevallei (okt.1984- sept. 1985) - vervolg

Boring nr.	Top peil- buis (in T.A.W.)	24-25-26/ 10/84	20-21-22/ 11/84	17-18-19/ 12/84	jan.85	febr. 85	18-20/ 03/85	15-17/ 04/85	20-21/ 05/85	17-18/ 06/86	18-19/ 07/85	19-20/ 08/85	16-17/ 09/85
SB1	8,703	8,283	8,123	8,163	-	-	8,098	8,388	8,213	7,828	7,458	7,803	7,763
SB2	9,170	8,550	8,305	8,355	-	-	8,260	8,610	8,420	8,130	7,765	7,710	7,610
SB3	10,101	-	9,831	9,961	-	-	9,801	-	-	-	9,491	9,271	9,261
SB4	13,086	12,491	11,961	12,236	-	-	12,026	12,946	12,496	12,271	11,706	11,466	11,276
SB5	14,110	13,025	12,700	13,020	-	-	12,880	13,730	13,350	13,030	12,520	12,200	11,955
SB6	9,845	9,345	9,080	9,265	-	-	9,085	9,425	9,265	9,025	8,665	8,555	8,485
SB7	10,099	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB8	13,375	12,315	11,605	11,640	-	-	11,565	12,865	12,085	11,585	11,085	10,785	10,575
SB9	17,553	17,043	16,638	16,853	-	-	16,693	17,323	17,043	16,953	16,433	16,303	16,153
SB10	21,730	18,430	18,280	18,630	-	-	18,595	19,415	19,050	18,850	18,510	18,370	18,025
SB11	11,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB12	9,144	9,084	8,844	8,954	-	-	8,794	-	8,964	-	8,614	8,534	8,529
SB13	13,283	11,828	-	11,518	-	-	11,373	12,503	11,608	11,363	10,983	10,703	10,493
SB14	14,964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB15	23,123	22,753	22,518	22,653	-	-	22,503	22,923	22,603	22,443	22,033	21,843	22,198
SB16	24,850	23,350	23,370	23,550	-	-	23,475	23,790	23,650	23,500	23,180	22,920	22,690
SB17	18,117	loopt over	loopt over	loopt over	-	-	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over
SB18	19,828	17,178	16,928	17,313	-	-	17,108	18,658	17,908	17,408	16,938	16,618	16,388
SB19	9,554	9,074	8,969	9,204	-	-	8,979	9,309	9,089	8,884	8,644	8,664	8,584
SB20	13,502	11,867	11,382	11,562	-	-	11,377	12,522	11,812	11,392	10,967	10,657	10,432
SB21	19,529	17,874	17,639	18,209	-	-	18,569	19,109	18,754	18,269	16,909	16,379	15,999
SB22	24,043	22,323	21,763	22,023	-	-	21,838	22,648	22,083	-	21,303	-	-
SB23	23,150	20,995	20,500	20,610	-	-	20,560	21,475	20,890	20,840	20,680	20,460	20,275
SB24	23,791	14,286	14,311	14,286	-	-	14,291	14,291	14,391	14,431	14,471	14,466	14,401
SB25	11,087	10,267	9,927	10,047	-	-	9,822	10,517	10,187	10,002	9,857	9,702	9,697
SB26	14,674	14,209	13,944	13,914	-	-	13,774	14,104	13,804	13,464	13,364	13,414	-
SB27	20,764	loopt over	loopt over	loopt over	-	-	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over
SB28	15,764	loopt over	loopt over	loopt over	-	-	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over	loopt over
SB29	10,215	9,790	9,645	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB30	11,714	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB31	17,671	16,841	16,671	16,691	-	-	16,641	16,761	16,671	16,581	16,561	16,571	16,331
SB32	22,213	21,843	21,605	21,900	-	-	21,750	loopt over	21,985	21,755	20,945	20,705	20,510
SB33	21,604	19,114	18,869	19,009	-	-	19,174	-	-	-	-	-	-
SB34	11,943	11,033	-	10,893	-	-	10,798	11,218	10,938	10,713	10,373	10,453	10,373
SB35	12,123	11,368	11,093	11,063	-	-	11,023	11,468	11,173	10,933	10,743	10,653	10,548

Tabel 2.5. - Stijghoogtewaarnemingen gebeurd in het kader van de kaartenatlas van de Scheldevallei (okt. 1984 - sept. 1985) vervolg

SB36	21,143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB37	17,184	17,159	16,814	17,004	-	-	16,874	loopt over	17,159	16,724	16,274	16,009	15,819
SB38	11,233	11,133	10,923	11,053	-	-	10,993	-	11,153	10,883	10,653	10,608	10,533
SB39	17,130	11,060	11,100	11,220	-	-	11,310	11,680	11,600	11,460	11,265	11,160	11,040
SB40	16,620	15,240	15,000	15,160	-	-	14,910	15,500	15,230	15,030	15,680	15,355	15,000
SB41	22,657	22,097	22,052	22,177	-	-	22,207	22,587	22,357	21,847	21,307	20,882	20,592
SB42	18,073	14,938	15,028	15,408	-	-	15,443	16,893	16,383	-	15,103	14,753	14,503
SB43	11,532	11,052	10,942	10,972	-	-	10,952	11,142	11,022	10,942	-	10,742	-
SB44	14,307	13,482	13,027	13,247	-	-	13,197	13,817	13,457	13,072	12,712	12,487	11,337
SB45	13,937	13,687	13,307	13,307	-	-	13,137	13,312	-	-	-	-	-
SB46	23,532	21,547	22,552	22,492	-	-	22,447	22,982	22,742	22,202	21,592	21,092	20,957
SB47	14,468	14,048	14,048	13,943	-	-	13,858	14,443	14,228	13,828	13,498	13,448	13,348
SB48	13,103	10,503	10,483	10,473	-	-	10,343	11,118	-	-	-	-	-
SB49	11,531	11,006	10,891	10,826	-	-	10,711	11,121	10,961	-	10,141	10,106	9,871
SB50	20,417	19,577	19,462	19,292	-	-	19,132	19,607	19,317	19,062	18,717	18,582	18,422
SB51	18,840	16,965	16,880	17,565	-	-	17,405	18,100	17,740	17,210	16,875	16,440	16,215
SB52	15,734	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB53	13,087	10,802	10,787	10,047	-	-	10,067	10,507	10,632	10,287	10,122	9,877	9,377
SB54	13,947	13,382	13,537	13,552	-	-	13,357	13,607	13,487	12,897	12,167	11,937	11,592
SB55	22,240	20,695	20,550	20,535	-	-	20,370	21,275	20,590	20,080	20,000	19,220	18,760
SB56	19,922	18,852	18,482	18,532	-	-	18,532	19,297	18,702	18,242	17,672	17,242	16,982
SB57	20,862	17,887	17,872	18,212	-	-	18,057	19,002	18,672	17,912	17,377	17,052	16,732
SB58	12,127	11,632	11,287	11,362	-	-	11,287	11,627	11,462	11,167	10,957	10,887	10,862
SB59	14,203	13,103	13,038	13,023	-	-	12,978	13,133	13,003	12,863	12,383	12,693	12,518
SB60	22,606	22,021	21,976	21,756	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB61	16,233	16,213	16,223	16,213	-	-	16,213	16,213	16,218	16,214	15,713	-	15,633
SB62	15,551	15,551	15,311	15,281	-	-	15,166	15,261	15,326	15,041	14,426	14,731	14,591
SB63	12,818	12,068	11,918	11,948	-	-	11,863	12,038	12,648	-	11,768	11,658	11,623
SB64	20,453	19,153	19,173	19,318	-	-	20,442	20,313	19,673	20,253	20,203	20,103	20,048
SB65	15,719	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB66	9,686	9,126	8,911	8,926	-	-	8,811	9,406	8,941	-	-	-	-
SB69	10,427	10,227	10,057	10,252	-	-	10,047	10,367	10,117	-	9,502	9,477	9,417

Tabel 2.5. - Stijghoogtewaarnemingen gebeurd in het kader van de kaartenatlas  
van de Scheldevallei (okt. en november 1985) - vervolg

Boring nr.	Top peilbuis (m T.A.W.)	Datum	
		15-16/10/85	18-19/11/85
SB1	8,703	7,823	7,953
SB2	9,170	7,650	7,840
SB3	10,101	9,426	9,511
SB4	13,086	11,166	11,146
SB5	14,110	11,780	11,660
SB6	9,845	8,495	8,655
SB7	10,099	-	-
SB8	13,375	10,435	10,335
SB9	17,553	16,093	16,143
SB10	21,730	17,850	17,730
SB11	11,000	-	-
SB12	9,144	8,574	8,624
SB13	13,283	10,363	10,403
SB14	14,964	-	-
SB15	23,123	22,303	22,443
SB16	24,850	22,540	22,560
SB17	18,117	17,927	18,037
SB18	19,828	16,168	16,028
SB19	9,554	8,654	8,799
SB20	13,502	10,262	10,212
SB21	19,529	15,904	16,254
SB22	24,043	-	-
SB23	23,150	19,940	19,895
SB24	23,791	14,251	14,161
SB25	11,087	9,657	9,777
SB26	14,674	-	-
SB27	20,764	loopt over	loopt over
SB28	15,764	loopt over	loopt over
SB29	10,215	-	-
SB30	11,714	-	-
SB31	17,671	16,541	16,581
SB32	22,215	20,295	20,375
SB33	21,604	-	-
SB34	11,943	10,333	10,418
SB35	12,123	10,498	10,473

Boring nr.	Top peilbuis (m T.A.W.)	Datum	
		15-16/10/85	18-19/11/85
SB36	21,143	-	-
SB37	17,184	15,694	15,699
SB38	11,233	10,518	10,603
SB39	17,130	10,940	10,850
SB40	16,620	14,770	14,600
SB41	22,657	20,317	20,057
SB42	18,073	14,278	14,083
SB43	11,532	-	-
SB44	14,307	12,177	12,087
SB45	13,937	-	-
SB46	23,532	20,712	20,487
SB47	14,468	13,168	13,123
SB48	13,103	-	-
SB49	11,531	9,871	9,991
SB50	20,417	18,287	18,267
SB51	18,840	16,020	15,965
SB52	15,734	-	-
SB53	13,087	9,272	9,147
SB54	13,947	11,717	12,097
SB55	22,240	18,520	18,440
SB56	19,922	16,717	16,782
SB57	20,862	16,392	16,242
SB58	12,127	10,837	10,847
SB59	14,203	12,553	12,643
SB60	22,606	-	-
SB61	16,233	15,653	15,738
SB62	15,551	-	14,711
SB63	12,818	11,628	11,638
SB64	20,453	19,968	19,863
SB65	15,719	-	-
SB66	9,686	-	8,661
SB69	10,427	9,637	9,807

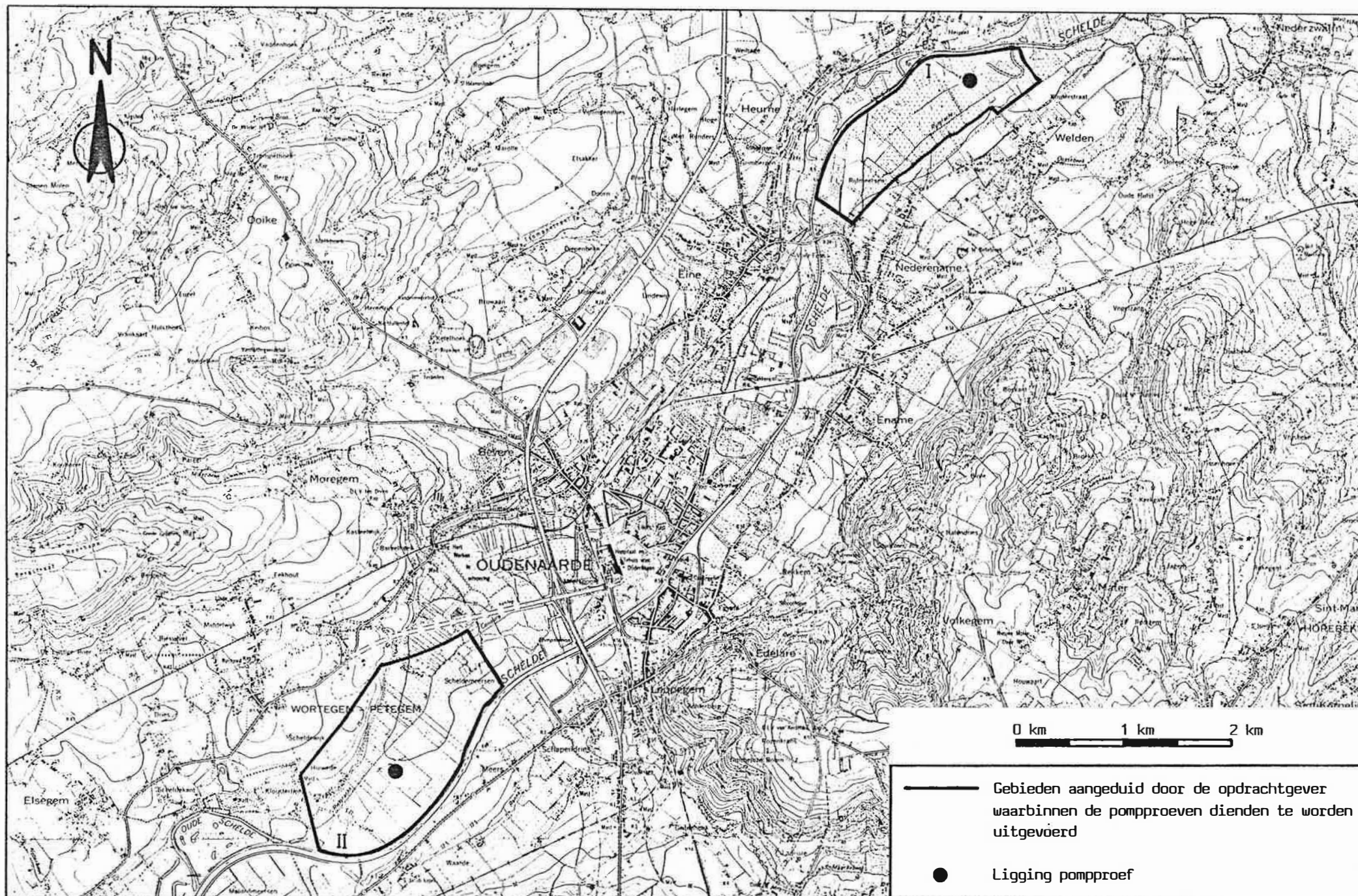


Fig. 2.3. Situering van de pompproeven uitgevoerd in het kader van deze studie



#### 2.2.7.2.1. Soorten watervoerende lagen (fig. 2.4.)

##### 2.2.7.2.1.1. Artesische of afgesloten watervoerende lagen

Men noemt een artesische of afgesloten watervoerende laag een volledig met water gevulde, goed doorlatende laag die zowel bovenaan als onderaan wordt begrensd door een ondoorlatende laag. De druk van het poriënwater in een artesische laag is overal groter dan de atmosferische druk.

##### 2.2.7.2.1.2. Freatische watervoerende lagen

Een freatische watervoerende laag is een goed doorlatende afzetting, onderaan begrensd door een slecht doorlatende of ondoorlatende laag, en bovenaan door de vrije grondwaterspiegel. Deze laatste is het oppervlak waar de druk van het poriënwater gelijk is aan de atmosferische druk; de drukhoogte is er gelijk aan nul.

##### 2.2.7.2.1.3. Gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen : half-artesische en half-freatische lagen

Tussen bovenvermelde types van watervoerende lagen - artesische en freatische - zijn alle tussenvormen mogelijk. Naarmate hierbij eerder de artesische dan wel de freatische toestand wordt benaderd, spreekt men van half-artesische en half-freatische lagen.

Een half-artesische laag wordt bovenaan begrensd door een slecht doorlatende laag, onderaan door hetzij een slecht doorlatende, hetzij een ondoorlatende laag. Een slecht doorlatende laag heeft een kleine, doch meetbare (vertikale) hydraulische doorlatendheid. Horizontale grondwaterstroming is beperkt tot de half-artesische laag, terwijl in de slecht doorlatende laag hoofdzakelijk een verticale stromingskomponent overheerst.



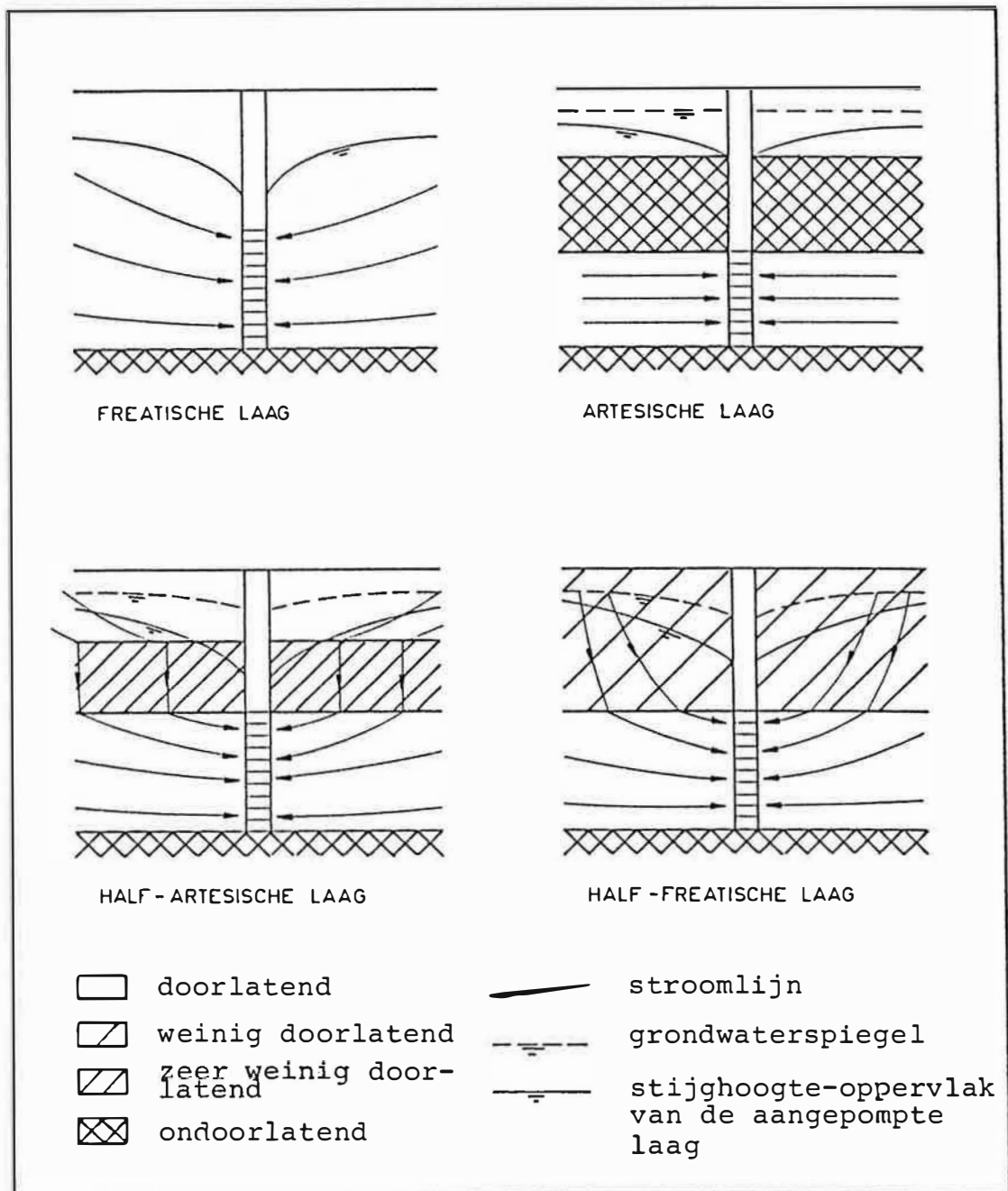


Fig. 2.4. Soorten watervoerende lagen en de grondwaterstroming bij aanpompeling ervan

Wordt een goed doorlatende laag bovenaan begrensd door een relatief slecht doorlatende laag, echter voldoende doorlatend opdat er een niet-verwaarloosbare horizontale stromingskomponent in kan optreden, dan spreekt men van een half-freatische toestand.

#### 2.2.7.2.2. Hydraulische parameters

##### 2.2.7.2.2.1. De hydraulische doorlatendheid $k$

De hydraulische doorlatendheid  $k$  (dimensie  $LT^{-1}$ ) wordt gedefinieerd als de hoeveelheid water die per tijdseenheid en onder eenheidsverhang door een transversale eenheidssektie van het poreuze medium stroomt.

De doorlatendheid is een tensor : zijn grootte kan variëren volgens de hoofdrichtingen van een kartesisch coördinatenstelsel. In poreuze media evenwel volstaat het meestal om een horizontale en een verticale doorlatendheid in te voeren, m.a.w.  $k_h = k_x = k_y$  en  $k_v = k_z$ .

##### 2.2.7.2.2.2. Transmissiviteit of doorlaatvermogen $kD$

Deze grootheid  $kD$  wordt gedefinieerd als het produkt van de horizontale hydraulische doorlatendheid en de dikte van de watervoerende laag :

$$kD = k_h \cdot D \quad (L^2 T^{-1})$$

Anders uitgedrukt is het de hoeveelheid water die per tijdseenheid en onder eenheidsverhang stroomt door een sektie van eenheidsbreedte, genomen over de volledige dikte van de watervoerende laag.

Is een watervoerende laag vertikaal niet homogeen dan wordt de transmissiviteit bekomen door de horizontale doorlatendheid van elk afzonderlijk laagje met zijn dikte te vermenigvuldigen en de resultaten op te tellen :

$$kD = \sum_{i=1}^n k_i D_i$$

Men kan volgens bovenstaande vergelijkingen transmissiviteitswaarden berekenen uitgaande van doorlatendheden, die men in het laboratorium bepaalt op ongeroerde stalen, of die men schat uit de korrelverdeling. De meest betrouwbare informatie aangaande deze parameter bekomt men evenwel door in-situ bepalingen met een pompproef.

#### 2.2.7.2.2.3. De hydraulische weerstand c

De hydraulische weerstand c (dimensie T), een eigenschap van de slecht doorlatende lagen, is een maat voor de weerstand tegen verticale grondwaterstroming en wordt bij een homogene laag gedefinieerd als de verhouding tussen de dikte van de laag en haar verticale doorlatendheid. Wordt c vermenigvuldigd met de waterdoorlatende porositeit van de laag, dan geeft deze parameter de tijd aan, die een waterdeeltje nodig heeft om onder eenheidsverhang deze laag vertikaal te doorstromen.

#### 2.2.7.2.2.4. De elastische bergingscoëfficiënt S

De elastische bergingscoëfficiënt S (dimensieloos), is de hoeveelheid water die bij eenheidsverandering van de stijghoogte wordt afgegeven of opgenomen door een volume-element met horizontale eenheidsdoorsnede en genomen over de volledige dikte van de formatie. De specifieke elastische berging  $S'_A$  (dimensie  $L^{-1}$ ) bekomt men door de bergingscoëfficiënt te delen door de dikte van de

laag.  $S'_A$  is dus de hoeveelheid water die per volume-eenheid wordt opgenomen of afgegeven bij eenheidstoename of -afname van de stijghoogte.

De opname of afgifte van water bij verandering van de druk van de poriënvloeistof is het gevolg van de uitzetting of van de samendrukbaarheid van het korrelskelet en in veel mindere mate het gevolg van de samendrukking of van de uitzetting van het water zelf.

#### 2.2.7.2.2.5. De bergingskoëfficiënt nabij de watertafel $S_0$

De bergingskoëfficiënt nabij de watertafel  $S_0$  (dimensieloos) is de hoeveelheid water, die door de formatie wordt afgegeven of opgenomen bij daling of stijging van de watertafel met 1 m. In zandige afzettingen is hij nagenoeg gelijk aan de effectieve porositeit.

De totale bergingskoëfficiënt van een freatische watervoerende laag wordt bekomen door de som te nemen van de bergingskoëfficiënt nabij de watertafel en de elastische bergingskoëfficiënt.

$$S = D \cdot S'_A + S_0$$

Meestal is de bergingskoëfficiënt nabij de watertafel meerdere grootte-orden belangrijker dan de elastische bergingskoëfficiënt, zodat de eerste term van het rechterlid in bovenstaande vergelijking wegvalt.

#### 2.2.7.2.3. Grondwaterstromingsregimes

De horizontale en verticale doorlatendheid, waaruit de transmissiviteit en hydraulische weerstand worden berekend, zijn de noodzakelijke parameters om de permanente grondwaterstro-

ming te analyseren. Bij permanent regime treden geen bergingsveranderingen op in de tijd. Er heerst evenwicht tussen de hoeveelheid water die het reservoir in- en uittreedt. Daardoor veranderen de stijghoogten niet (meer) in de tijd. Dergelijke permanente grondwaterstroming is gerealiseerd wanneer, na een voldoende lange periode van bemaling, de watervoerende laag even snel gevoed wordt als water eruit wordt verwijderd.

Bij niet-permanente stroming daarentegen is (nog) geen evenwicht bereikt tussen de hoeveelheid water, die het grondwaterreservoir in- en uittreedt. Er treden bergingsveranderingen op in de tijd, zodat de stijghoogten eveneens tijdsafhankelijk zijn. Om een dergelijk stromingsregime te beschrijven, is naast de kennis van de horizontale en de verticale doorlatendheid tevens deze van de bergingskoëfficiënt vereist.

Niet-permanente stroming treedt op bijvoorbeeld bij aanvang van de bemaling van een watervoerende laag. Het duurt immers een tijd (enkele minuten tot meerdere dagen) vooraleer de afpompings wordt gecompenseerd door de voeding van het reservoir en aldus een nieuwe evenwichtstoestand intreedt. Gedurende deze periode van niet-evenwicht wordt een steeds kleiner wordende hoeveelheid water onttrokken aan de berging van de laag. Deze bergingsvermindering gebeurt bij freatische lagen door de daling van de grondwaterspiegel, bij (half-)artesische lagen door elastische samendrukking van de laag.

### 2.2.7.3. Technische beschrijving

#### 2.2.7.3.1. Algemene configuratie

Beide pompproeven werden uitgebouwd volgens een identieke configuratie bestaande uit 1 pompput en twee peilputten die op respektievelijk 6 en 16 m van de pompput gelegen zijn. De keuze van deze afstanden berust op de kennis van de lito-

logische opbouw (via de reeds uitgevoerde boringen in een vorig stadium) waaruit een doorlatendheid van de zandige eenheid wordt ingeschat. Aldus kunnen afmalingen voorspeld worden en kunnen de peilputten optimaal worden ingeplant t.o.v. de pompput. De drie putten werden op een lijn geboord evenwijdig aan de pleistocene Scheldevallei en dus evenwijdig aan de lijnen van gelijke stijghoogte.

#### 2.2.7.3.2. Boringen en uitrusting van de putten

De pompputten SB66 (te Welden) en SB69 (te Pe-tegem) werden geboord met een diameter van 0,20 m tot in de Klei van Vlaanderen (Yc). Hierna werden in het boorgat resistiviteitsmetingen uitgevoerd volgens de korte- en lange normaalopstelling. Aan de hand van de interpretaties van deze metingen en de litologische beschrijving werden de putten uitgerust. Het filterelement heeft een nominale diameter van 0,103 m en filtergleuven van 0,004 m, het loopt uit in een bezinkingsbuis van ca. 0,25 m lengte. De stijgbuis heeft eenzelfde diameter als het filter en de bezinkingsbuis en allen zijn uit PVC. Naast het pompfilter werd in SB69 in hetzelfde boorgat een peilfilter geplaatst met een nominale diameter van 0,03 m en lengte van 2,0 m.

De peilputten SB67, SB68, SB70 en SB71, werden geboord met een diameter van 0,100 m.

Zoals bij de pompputten werden hier eveneens resistiviteitsmetingen uitgevoerd. De boorgaten werden voorzien van een filterelement met nominale diameter 0,057 m en lengte 2,0 m; ze lopen uit in een bezinkingsbuis van ca. 0,25 m. De stijgbuizen hebben dezelfde diameter als het filter en de bezinkingsbuis en allen zijn uit PVC.

Alle filters werden na plaatsing omstort met een gekalibreerd middelmatig tot grof zand tot ca. 2 m boven het filterdeel. Boven deze omstorting werd een kleistop van ca. 2 m dikte aangebracht; de rest van het boorgat werd aangevuld met zand. Hierna werden alle filters schoongepompt en ontwikkeld. Fig. 2.5. en fig. 2.6. stellen de inplanting en de configuratie voor van beide pompproeven.

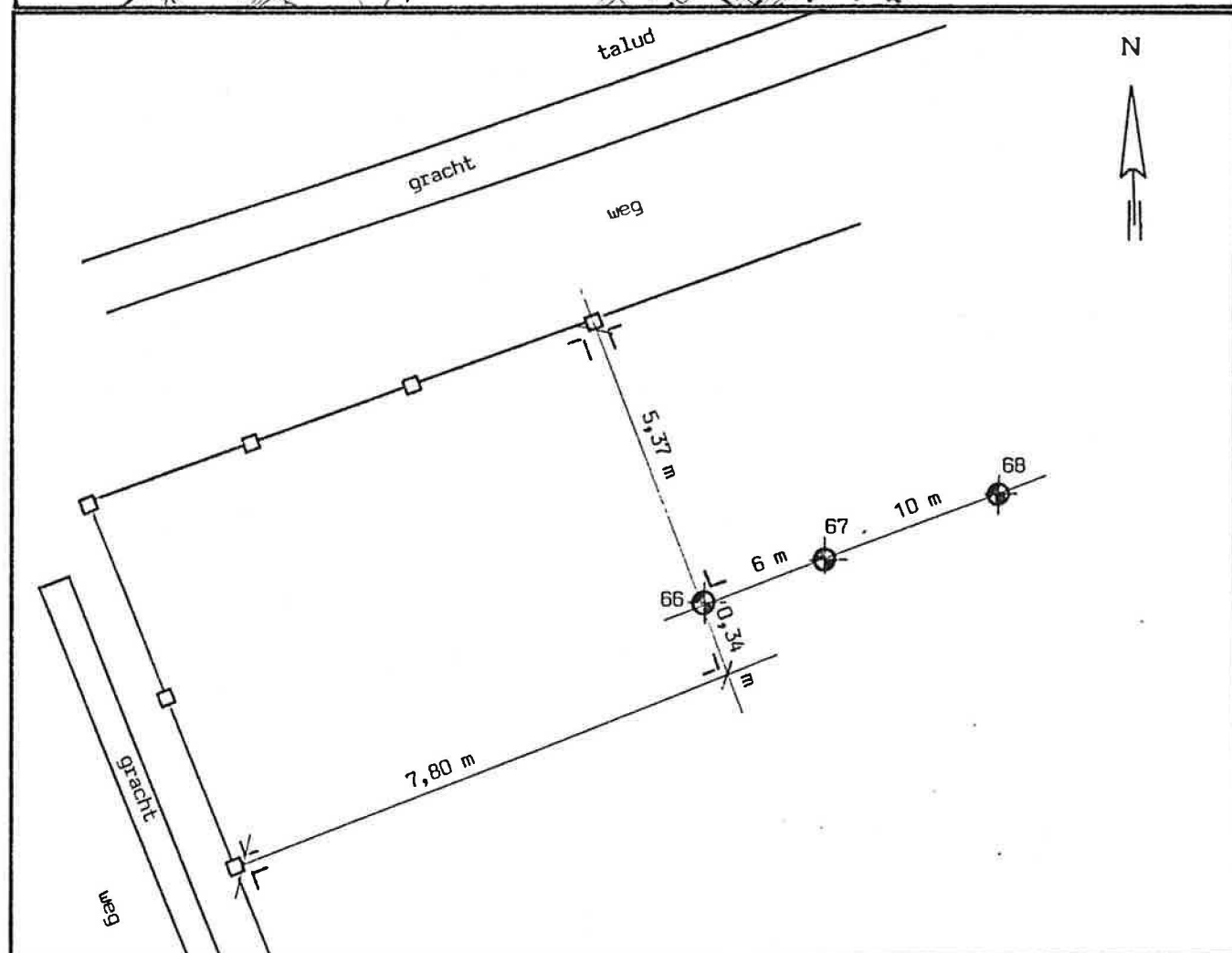
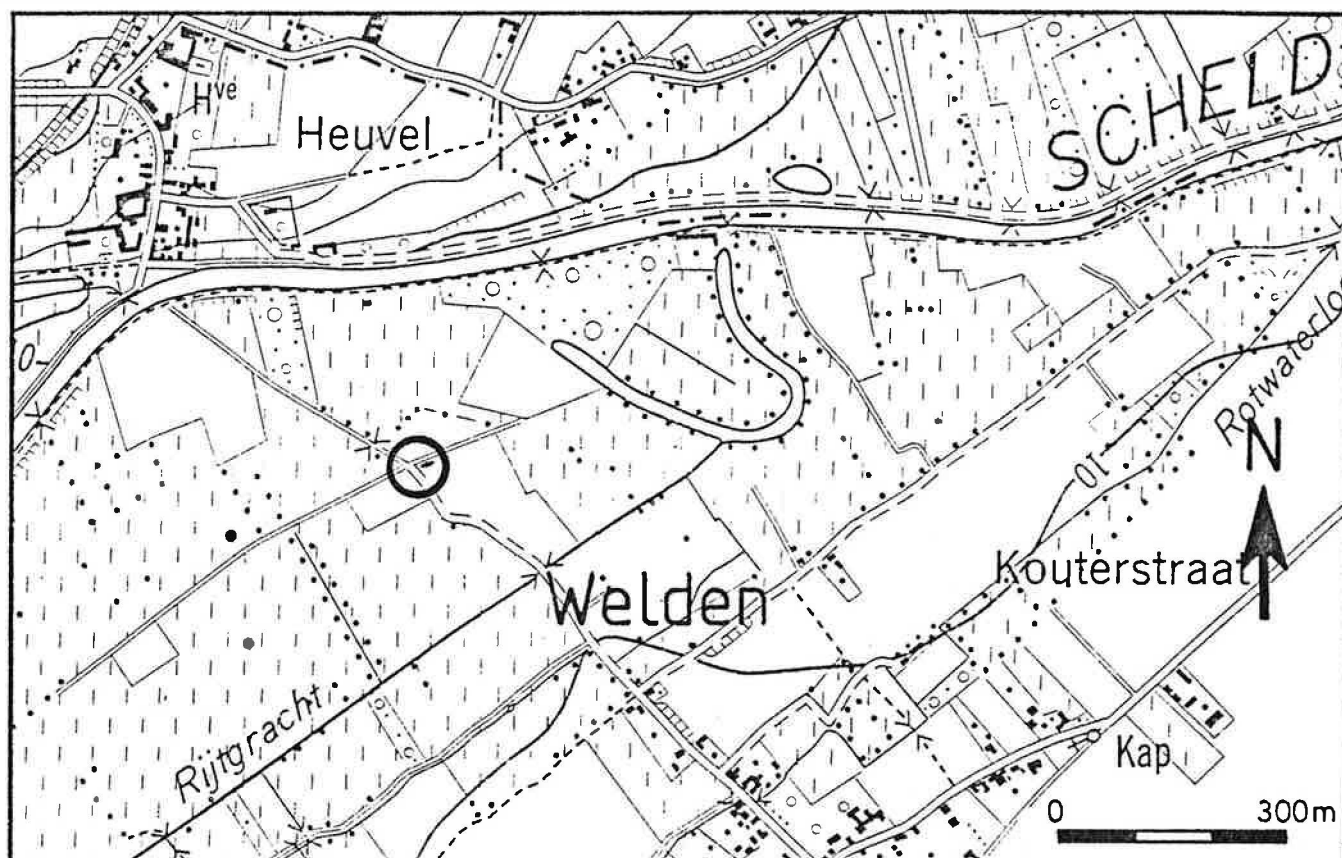


Fig. 2.5. Inplanting en puttenconfiguratie bij de pompproef te WELDEN

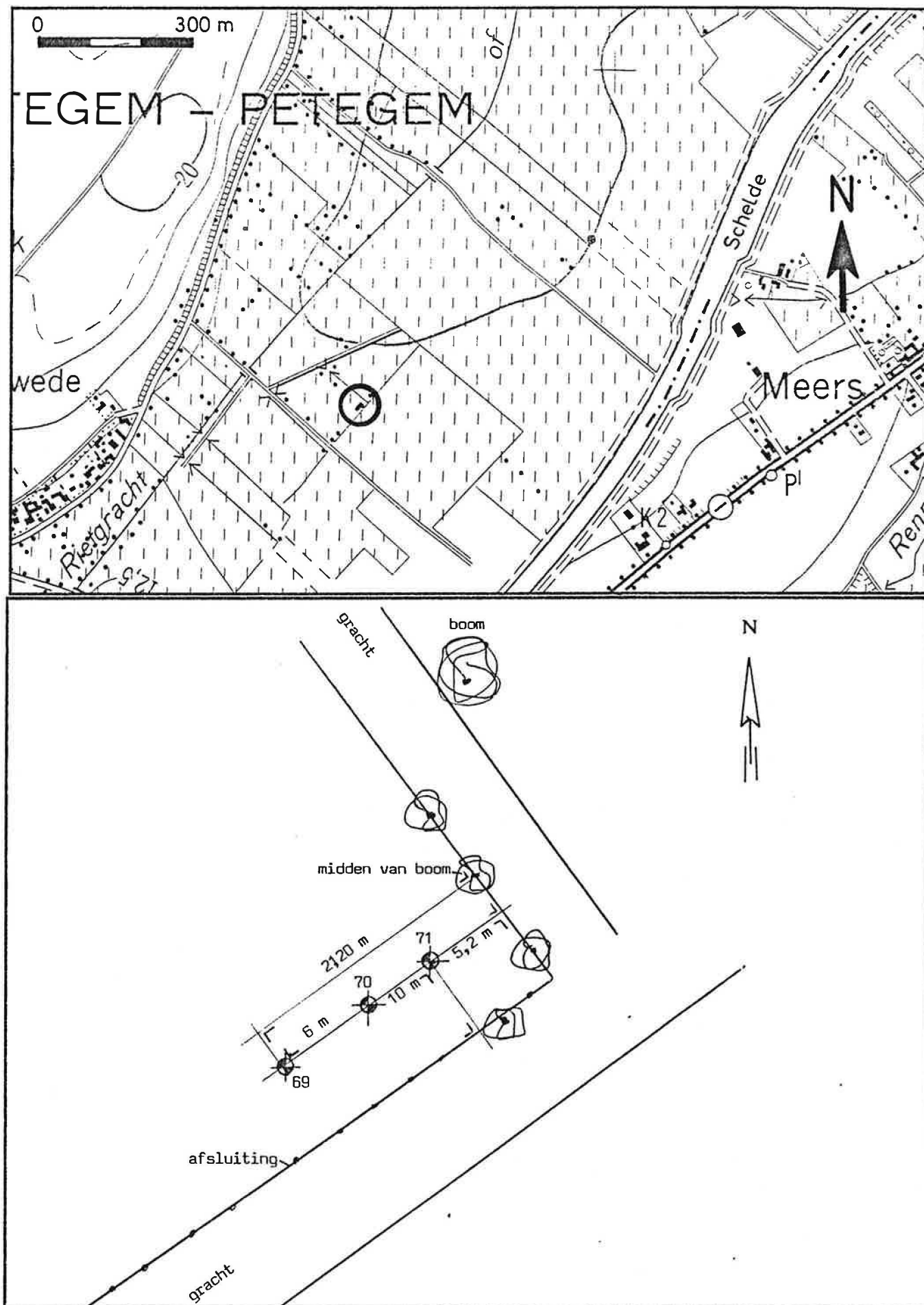


Fig. 2.6. Inplanting en puttenkonfiguratie bij de pompproef te PETEGEM



#### 2.2.7.4. Uitvoering van de pompproeven

Alvorens de definitieve proef aan te vatten werd telkens een proefpomp van korte duur uitgevoerd teneinde het pompdebiet te bepalen en vast in te stellen. Alle pompingen gebeurden met een membraampomp type WAVO. Het debiet werd op regelmatige tijdstippen over gans de duur van de pomping opgemeten in een vat waarvan de inhoud geijkt was. Het stijghoogtepeil werd manueel opgemeten met een elektrische peilmeter volgens een logaritmische tijdschaal. Het opgepompte water werd op grote afstand afgevoerd zodat hierdoor geen voeding kon optreden gedurende de metingen.

##### 2.2.7.4.1. Pompproef I te Welden

De definitieve proef startte op 26 september 1983 om 11.00 h. Er werd kontinu gepompt tot 27 september 1983 om 11.00 h. De daling werd over de ganse tijd opgemeten in de pompput en de twee peilputten. De afvoer van het opgepompte water gebeurde via een 60 m lange persleiding in een afwateringsgracht naar een oude Schelde-arm toe, gelegen op ongeveer 300 m afstand. Het debiet tijdens de pompfase bedroeg gemiddeld  $8,29 \text{ m}^3/\text{h}$ . Van 27 september 1983 om 11.00 h tot 28 september 1983 om 7.50 h werd na het stilleggen van de pomp de stijging opgemeten in de pompput en beide peilputten.

##### 2.2.7.4.2. Pompproef II te Petegem

De definitieve proef ving aan op 6 oktober 1983 om 11.00 h. Er werd kontinu gepompt tot 07 oktober 1983 om 11.00 h. De daling werd over de ganse periode opgemeten in de pompput en de twee peilputten. De afvoer van het opgepompte water gebeurde via een 60 m lange persleiding naar de Rijtgracht toe. Het debiet tijdens de pompfase bedroeg gemiddeld  $10,07 \text{ m}^3/\text{h}$ . Van 07 oktober

1983 om 11.00 h tot 08 oktober 1983 om 0.20 h werd na het stilleggen van de pomp de stijging opgemeten in de 3 putten.

#### 2.2.7.5. Resultaten

De interpretatie en de resultaten van de pompproeven worden besproken in hoofdstuk 3.4.

#### 2.2.8. Grondwatermonsternamen en fysico-chemische analyse

##### 2.2.8.1. Doel

Om een overzicht te krijgen van de grondwaterkwaliteit in de kwartaire watervoerende laag werden een aantal grondwatermonsters geanalyseerd.

##### 2.2.8.2. Uitvoering

Alle grondwatermonsters werden genomen in de peilbuizen die in het bestek van dit projekt werden geplaatst zodat hun herkomst met zekerheid gekend is (diepte filters nauwkeurig bepaald). De monsternamen gebeurde met een DELASCO draaiperspomp met een debiet van ca.  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  via plastieken zuigleidingen. De pomptijd werd zo genomen dat steeds met zekerheid water uit de befilterde laag werd bemonsterd (representatieve monsters).

Gedurende de periode 07/10/83 - 04/12/84 werden 42 putten bemonsterd (zie tabel 2.6.).

Op het terrein werden ter plaatse steeds de luchttemperatuur, de watertemperatuur, de zuurtegraad, de opgeloste zuurstof en de geleidbaarheid bepaald.

In het laboratorium werden totaalanalyses uitgevoerd : de hoeveelheid bezinkbare stoffen, agressief  $\text{CO}_2$  (titrimetrisch), de alkaliniteit t.o.v. fenolftaleïne en methylooranje, de hoeveelheid  $\text{SiO}_2$ , de verdampings- en verassingsrest, de hoeveelheid zwevende stoffen, de kleur en het calcinatieverlies, de totale en blijvende

Tabel 2.6. - Overzicht van de putten waarop een grondwatermonstername gebeurde

Datum monstername	Nummer put	X Lambert	Y Lambert	Diepte filter in m ÷ MV
07.10.1983	SB69F1	94070	168750	12,0 - 18,5
11.1983	SB18	97010	173905	24,5 - 26,5
	SB22	94660	173462	24,0 - 25,0
	SB23	95525	172730	28,05 - 29,05
	SB25	96810	171420	19,25 - 20,25
	SB27	93615	171670	17,5 - 19,5
	SB28	94200	170855	20,1 - 22,1
	SB29	94780	170215	16,2 - 17,2
	SB30	95655	169495	13,5 - 15,5
	SB32	92205	170064	25,9 - 27,9
	SB33	92965	169370	24,4 - 26,4
	SB35	94300	167930	6,0 - 8,0
	SB42	89640	166835	24,1 - 25,1
	SB47	88165	165855	18,5 - 19,5
	SB49	89535	164390	13,5 - 14,5
	SB52	86435	164765	17,35 - 19,50
	SB53	86965	163775	8,4 - 10,6
	SB58	85610	162895	14,0 - 15,0
	SB63	84645	161085	14,5 - 15,5
01.1984	SB12	99080	174540	14,85 - 16,85
	SB21	98985	172035	3,0 - 5,0
	SB48	88790	165090	17,0 - 18,0
03.1984	SB1	101270	178305	13,6 - 15,6
	SB2	101735	177590	13,8 - 15,95
	SB3	98330	178085	19,8 - 20,8
	SB4	99065	177580	19,35 - 21,25
	SB5	99690	176725	21,8 - 26,4
	SB6	100380	176300	15,0 - 16,9
	SB8	101630	174910	15,05 - 16,15
	SB10	97875	175965	26,45 - 28,45
	SB13	99915	173870	17,95 - 19,95
	SB14	100310	173460	8,8 - 11,2
	SB17	96378	174388	22,0 - 24,0
	SB20	98480	172345	13,9 - 15,9
25.10.1984	SB43	90605	166320	14,0 - 15,0
	SB54	87653	163320	2,0 - 3,0
	SB59	86110	162165	4,5 - 6,5
04.12.1984	SB15	95110	175782	14,2 - 16,2
	SB38	91945	167815	14,8 - 15,8
	SB55	83330	164970	24,5 - 26,5
	SB57	84770	163605	23,5 - 25,5
	SB66	99235	175030	8,50 - 15,50

hardheid (titrimetrisch). Tevens werden de volgende ionen bepaald :

- de kationen :  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+/3+}$  en  $\text{Mn}^{2+}$  door atomaire absorptie,  $\text{Ca}^{2+}$  titrimetrisch en  $\text{NH}_4^+$  colorimetrisch
- de anionen :  $\text{Cl}^-$  met chloridometer,  $\text{SO}_4^{2-}$  gravimetrisch,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{PO}_4^{3-}$  colorimetrisch,  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{CO}_3^{2-}$  titrimetrisch.

#### 2.2.8.3. Resultaten

In bijlage 7 zijn alle wateranalyses en de ionenbalansen opgenomen. In hoofdstuk 3.6. worden de analyseresultaten verder besproken.

### 3. RESULTATEN - BESPREKING VAN DE KAARTENATLAS

De kaartenatlas bestaat uit 9 kaarten en 4 platen

#### 3.1. KAART 1 - Dokumentatie

##### 3.1.1. Inleiding

De dokumentatiekaart geeft de ligging, de aard en de herkomst aan van de in het kader van deze studie gebruikte gegevens. Het betreft puntwaarnemingen die inlichtingen verstrekken over één of meerdere van de volgende onderwerpen :

- geologische opbouw van de ondergrond
- fysische en chemische kenmerken van de grond
- geohydrologische kenmerken van de grond
- fysische en chemische kenmerken van het grondwater
- stijghoogte van het grondwater
- winning van het grondwater
- aanverwante onderwerpen, b.v. reliëf, bodemgebruik...

Naast deze puntwaarnemingen zijn vermeld :

- de ligging van 12 NW-SE gerichte geologische doorsneden (PLAAT 1 tot en met 4). Deze doorsneden werden getekend volgens de boringen uitgevoerd in het kader van deze studie en geven een inzicht van de litologische opbouw van de kwartaire sedimenten.
- de nummering en de kaartbladgrenzen volgens de onderverdeling van het N.G.I.
- de begrenzing van het studiegebied

##### 3.1.2. Ligging van de gebruikte gegevens

De ligging van een gegeven is bepaald door de plaats van het symbool op de kaart. In bepaalde gevallen kan dit echter meerdere gegevens voorstellen. Verscheidene proeven

gebonden aan infrastructuurwerken liggen zo dicht bij elkaar dat het met de gebruikte symboliek op de schaal van de kaart (1 : 25000) niet mogelijk is elk gegeven apart aan te duiden.

### 3.1.3. Aard van de gebruikte gegevens












Op kaart 1 zijn boringen, grondmechanische sonderingen en resistiviteitssonderingen vermeld. De gebruikte symboliek geeft informatie omtrent de uitvoeringswijze van de proef, de uitrusting van het boorgat en de parameters die eventueel werden opgemeten. Tabel 3.1. geeft een overzicht van de gebruikte symboliek. Bij de boringen is een onderlinge combinatie van verschillende symbolen mogelijk.

### 3.1.4. Herkomst van de puntwaarnemingen

De herkomst van de gebruikte puntwaarnemingen is aangegeven met een letter en een archiefnummer en/of het nummer van de puntwaarneming. Volgende letters werden gebruikt :

- . B : gegevens afkomstig uit het archief van de Belgisch Geologische Dienst (de resistiviteitssonderingen in de omgeving van Avelgem hebben geen archiefnummer)
- . G : gegevens afkomstig uit het archief van de Leerstoel voor Toegepaste Geologie. Om de leesbaarheid te vrijwaren werd de letter G en het archiefnummer vervangen door een, twee of drie accenten gevolgd door het nummer van de puntwaarneming. Zo onderscheidt men :
  - '... = G-81/08C... : proeven uitgevoerd in het kader van de kaartenatlas van de Scheldevallei
  - ''... = G-83/28L... : proeven uitgevoerd in het kader van de licentiaatsverhandeling van J.

Tabel 3.1. - Gebruikte symbolen op de dokumentatiekaart

	Boorgat, niet gespoeld
	Boorgat, gespoeld
	Boorgat met opmeting van de grondwaterstand
	Boorgat uitgerust met (een) peilbuis(zen)
	Boring met laboratoriumonderzoek op geroerde of ongeroerde monsters.
	Boring met in-situ hydrologische of grondmechanische proeven
	Boring met geofysische boorgatmeting
	Boorgat uitgerust met (een) peilbuis(zen) en onderzoek van een grondwatermonster
<hr/>	
	Statische sondering met opmeting van de konusweerstand
	Statische sondering met opmeting van de konusweerstand en de zijdelingse weerstand
<hr/>	
	Resistiviteitssondering

STEENACKERS (1983).

'''...=G-83/4... : proeven uitgevoerd in het kader van een hydrogeologische studie te Zingem (1983-1984).

.NMW : gegevens afkomstig van het archief van de Nationale Maatschappij der Waterleidingen

.R : gegevens afkomstig van het archief van het Rijksinstituut voor Grondmechanica

.SM : gegevens afkomstig van het archief van de private boorfirma Smet-DB N.V. (Dessel).

### 3.1.5. Bespreking van de kaart

Het merendeel der gegevens bekomen uit de geraadpleegde archieven ligt gekoncentreerd in en rondom de woonkernen en industriële gebieden te Oudenaarde, Kluisbergen - Berchem en Avelgem. Daarnaast zijn ze meestal verbonden aan belangrijke infrastructuurwerken zoals wegen, bruggen, waterlopen (zie 2.1.2.1.). In de landelijke zones waren omzeggens geen gegevens beschikbaar. De boringen uitgevoerd in het kader van deze studie volgens een regelmatig patroon verhielpen deze tekortkomingen



## 3.2. KAART 2 - Hydrografie

### 3.2.1. Inleiding

Rekening houdend met het thema werd de laterale begrenzing van het studiegebied, zoals aangenomen (aangepaste 30 m-hoogtelijn volgens de kaarten van het N.G.I.) gewijzigd. Uit hydrografisch oogpunt kunnen als natuurlijke grenzen de waterscheidingskammen van het Leiebekken in het noordwesten van deze van het Ronebekken (die voor een belangrijk deel samenloopt met de provinciegrens Henegouwen-Oost-Vlaanderen) in het zuiden worden aangenomen.

Het studiegebied behoort volledig tot het stroomgebied van de Schelde. Het hydrografisch bekken van de Boven-Schelde is samengesteld uit een aantal onderbekkens die hun water langs de zijrivieren naar de hoofdstroom voeren en bestrijkt een oppervlakte van 6146 km<sup>2</sup> (B. CRABBE, 1969). Een derde van dit gebied strekt zich uit op Belgisch grondgebied, de overige tweederden bevinden zich in Frankrijk. Als enige bevaarbare waterlopen in het studiegebied komen voor de gekanaliseerde Boven-Schelde en het kanaal Bossuit-Kortrijk.

### 3.2.2. De bevaarbare waterlopen

#### 3.2.2.1. De Boven-Schelde

De Boven-Schelde tussen Bossuit en Nederzwalm (monding van de Zwalm) heeft een algemene SW-NE loop, hierna beschrijft deze rivier stroomafwaarts op het gebied van de gemeente Zingem een grote bocht en is haar loop S-N gericht. Het patroon van deze rivier, evenals het geringe verval en het grote volume aan getransporteerd materiaal wijzen op een seniele rivier die zijn bedding aan het opvullen is (KEERIS, 1961). De breedte van de alluviale vlakte, de talrijke verlaten meanders en de overstromingsrampen bij grote was in het verleden

zijn hiervan een getuige.

Gedurende de periode 1966-1983 (sedert de tweede helft van de 19e eeuw vonden belangrijke rechtekkingen plaats) werd de Boven-Schelde in verschillende fasen gekanaliseerd en rechtgetrokken (lengte Belgisch gedeelte van de Boven-Schelde 113 km in 1880, 78,2 km in 1980), waardoor zij thans op Belgisch grondgebied overal bevaarbaar is voor schepen tot 1350 ton. Het algemeen dwarsprofiel duidt een minimum waterdiepte aan van 3,50 m over een bodembreedte van 28 m. Tussen de kademuren is de waterloop minstens 32 m breed (fig. 3.1.)

Vanaf de franse grens tot de Ringvaart heeft de Boven-Schelde over een afstand van 78,2 km een verval van 10,24 m (van + 15,85 tot + 5,61) wat overeenstemt met een gemiddeld bodemverhang van 0,13 m/km. Het bedraagt ca. 0,30 m/km in het pand Antoing-Kain waardoor de gemiddelde waarde vanaf Fresnes tot Gent 0,10 à 0,12 m/km is. Om dit peilverschil op te vangen werden zes stuwsluizen gebouwd die de stroom in zeven panden indelen (tabel 3.2.)

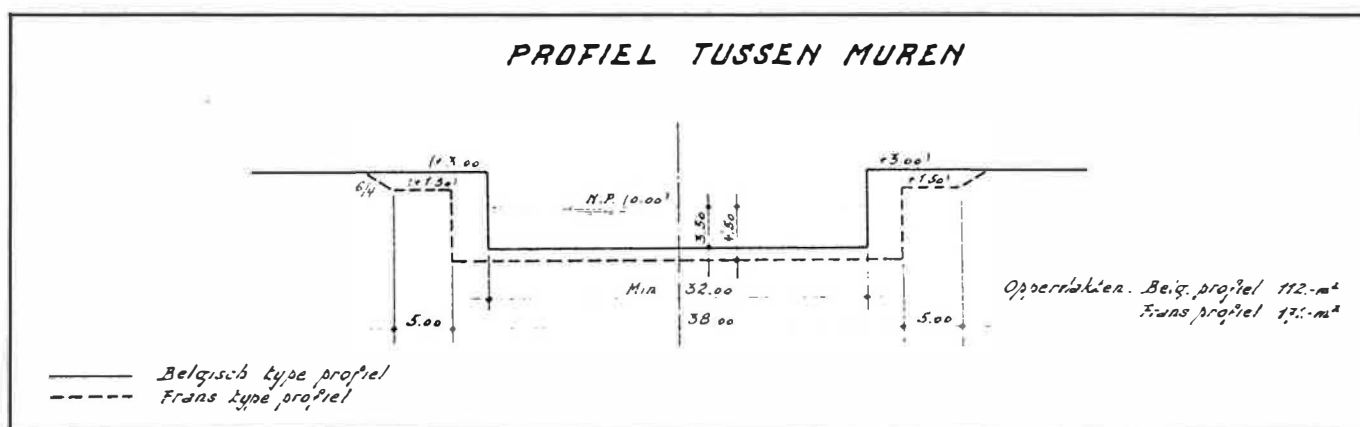
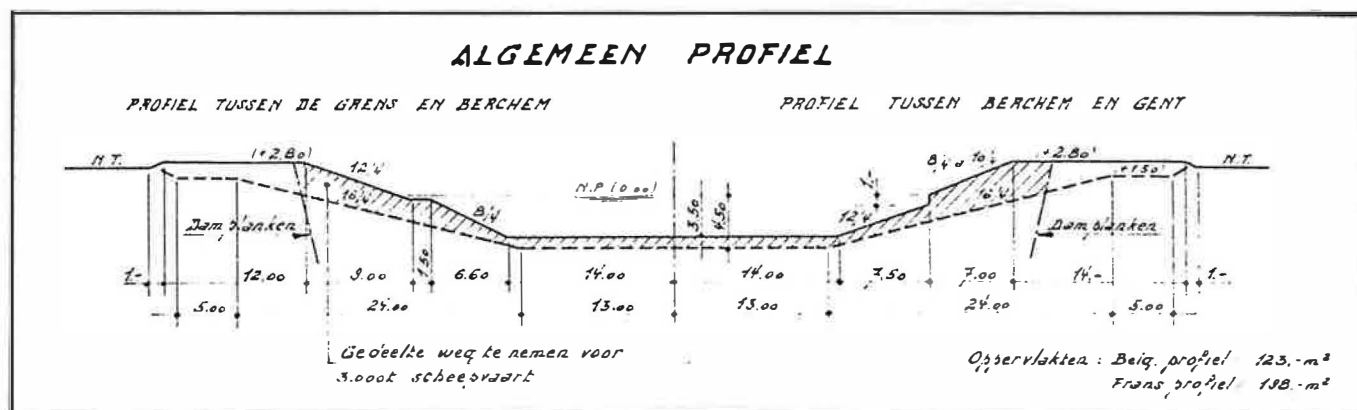


Fig. 3.1. Algemene dwarsprofielen van de gekalibreerde Boven-Schelde volgens G. DELAHOUTRE, 1980

tabel 3.2. Stuwsluizen op de Boven-Schelde (DELAHOUTRE, 1980)  
met aanduiding van de gemiddelde theoretische water-  
peilen in de verschillende panden

Pand	Lengte (km)	Sluis	Verval aan sluis in meter	Gemiddelde theoretisch waterpeil* in pand
Franse grens-Antoing	12	Antoing	0,95	15,85
Antoing-Kain	9	Kain	1,69	14,90
Kain-Spiere	11,5	Spiere	1,95	13,21
Spiere-Berchem	12,5	Berchem	1,45	11,26
Berchem-Oudenaarde	12	Oudenaarde	1,74	9,81
Oudenaarde-Asper	10,4	Asper	2,46	8,07
Asper-Ringvaart (Gent)	15,5			5,61

Aan de stuwsluizen wordt het waterpeil stroomop- en stroom-  
afwaarts driemaal daags opgetekend. De peilmetingen kunnen omge-  
vormd worden in debieten. Te Gent worden ze regelmatig geijkt  
met debietmetingen.

Nuttige adressen :

- voor het gedeelte van de Boven-Schelde stroomopwaarts de stuw  
te Berchem :

Ministerie van Openbare Werken - Bestuur der waterwagen  
Dienst van het Stroomgebied der Schelde  
le Directie

- \* De werkelijke opgemeten peilen in de panden Spiere-Berchem  
Berchem-Oudenaarde en Oudenaarde-Asper (studiegebied) liggen  
ongeveer 0,1 à 0,2 m hoger (toestand 1985 - mondelinge mede-  
deling Mr. VERBEKE - Stroomgebied der Schelde, 2de directie,  
Kortrijk

Nederkouter 28

9000 Gent

- voor het gedeelte van de Boven-Schelde stroomopwaarts de stuw te Berchem :

Ministerie van Openbare Werken - Bestuur der Waterwegen

Dienst van het Stroomgebied der Schelde

2de Direktie

Passionistenlaan 82

8500 Kortrijk.

### 3.2.2.2. Het kanaal Bossuit-Kortrijk

In de periode 1857-1860 werd het 15,5 km lange kanaal Bossuit-Kortrijk gegraven als verbindingsweg tussen de Schelde en de Leie. Het was vooral bestemd voor de aanvoer van steenkool uit de Borinage langs de Schelde naar de Leiestreek (G. DELAHOUTRE, 1980). Zoals de andere bevaarbare waterwegen van het Boven-Scheldebekken werd dit kanaal vanaf de jaren 1970 aangepast om op groot gabariet (1350 T) te worden gebracht. In zijn definitieve toestand zal het algemeen dwarsprofiel een minimum waterdiepte aangeven van 3,50 m over een bodembreedte van 28 m. Het zal tevens ingedeeld worden in drie panden aan de hand van vier schutsluizen (tabel 3.3.).

Tabel 3.3. Schutsluizen op het kanaal Bossuit-Kortrijk  
(G. DELAHOUTRE, 1980) te realiseren situatie

Pand	Lengte km	Sluis	Verval aan sluis (in meter)	Gemiddeld theoretische waterpeil in pand
Schelde	-	Bossuit	9,49	11,26
Bossuit-Moen	3,75	Moen	4,55	20,75
Moen-Zwevegem	5,4	Zwevegem	10,30	25,30
Zwevegem-Harel- beke	5,0	Harelbeke	4,88	15,00
Leie	-	-	-	10,12

Anno 1985 is het zo dat de oude sluizen 1 en 2 vervangen zijn door de sluis te Bossuit en 3, 4 en 5 zijn vervangen door de sluis te Moen. De werken aan de sluis te Zwevegem (die in de plaats komt van 6, 7 en 8) zullen in de nabije toekomst starten. Een vergelijking van de vroegere toestand (11 sluizen en een tunnel van 610 m lengte om het kanaal door de bekkenkruin te leiden) en het te realiseren kanaal is aangegeven op fig. 3.2.

Het kanaal wordt gevoed door pompstations, nabij de sluis te Bossuit waar water uit de Schelde naar het eerste pand wordt opgepompt en nabij de sluis te Moen. De opgepompte hoeveelheden voor de periode 1980-81 zijn aangegeven in tabel 3.4.

# KANAAL BOSSUIT-KORTRIJK

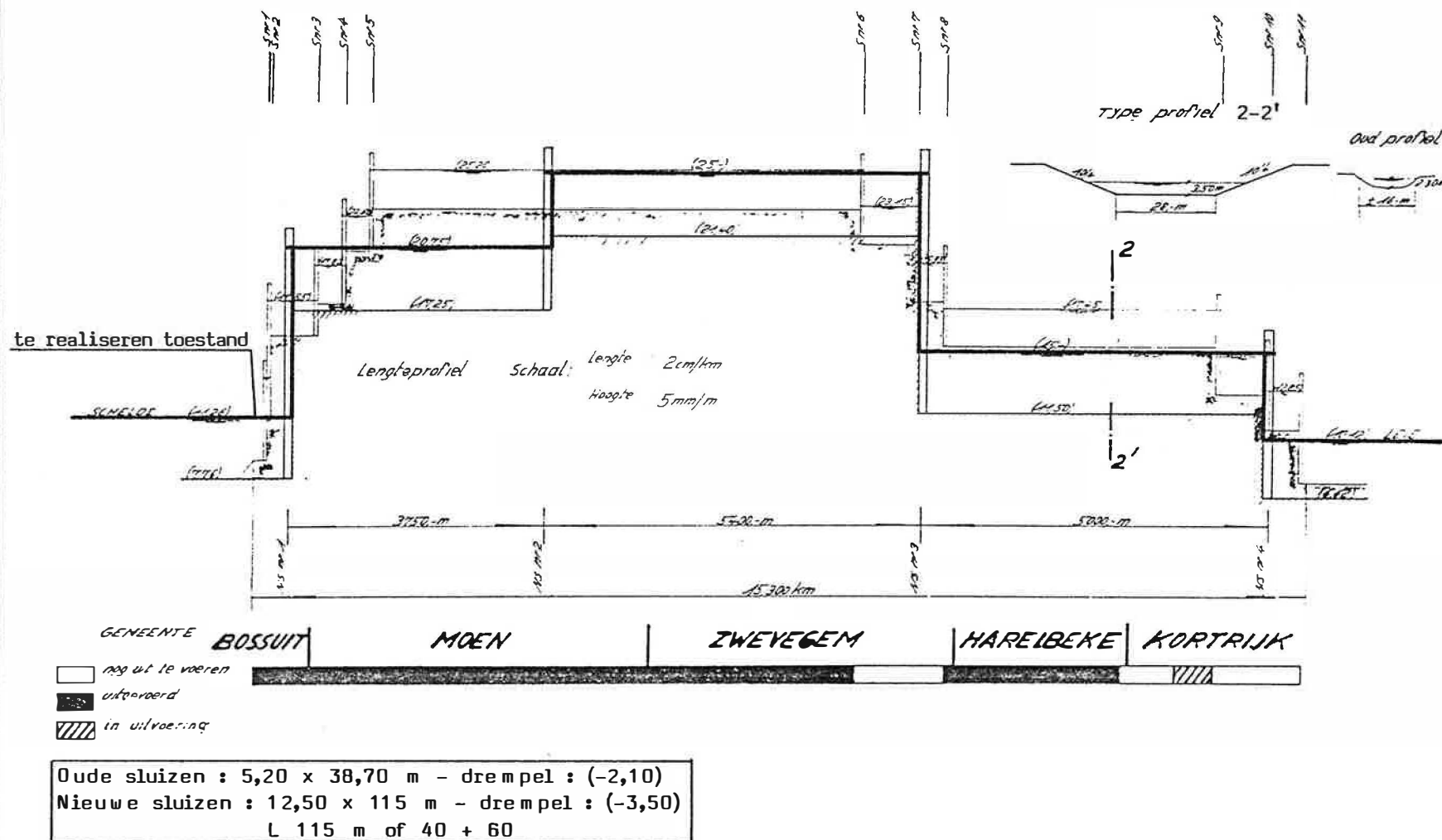


Fig. 3.2. Pandindeling van het kanaal Bossuit-Kortrijk volgens G. DELAHOUTRE, 1980

Tabel 3.4. Opgepompte hoeveelheden Scheldewater om het kanaal Bossuit-Kortrijk te spijsen

	Bossuit	Moen
gemiddeld dagelijks verbruik (berekend op het jaarlijks water- verbruik) in m <sup>3</sup>	82.200	57.000
jaarlijks waterverbruik in m <sup>3</sup>	24.10 <sup>6</sup>	17.10 <sup>6</sup>

Aan de sluizen worden de peilen opwaarts en afwaarts drie-  
maal daags geregistreerd (automatische aflezing bij de nieuwe  
sluizen te Bossuit en te Moen)

Nuttig adres :

Ministerie van Openbare Werken - Bestuur der Waterwegen  
Stroomgebied van de Schelde  
2de Directie  
Passionistenlaan 82  
8500 Kortrijk

### 3.2.3. De onbevaarbare waterlopen

De onbevaarbare waterlopen worden besproken  
naargelang hun monding. Dit gebeurt vanaf het meest zuidelijk  
gelegen bekken langs de linkeroever in wijzerzin. Er wordt een  
onderscheid gemaakt naargelang hun monding langs de linker-  
of rechteroever van de Schelde gelegen is. De nummering van de  
stroombekkens overeenkomstig KAART 2 is vermeld.



### 3.2.3.1. De onbevaarbare waterlopen langs de linkeroever van de Schelde

#### 3.2.3.1.1. De Rijtgracht of Reitgracht - Stroombekken I

De Rijtgracht loopt ongeveer aan de rand van de alluviale Scheldevlakte vanaf Bossuit tot Kerkhove waar zij in de Schelde uitmondt iets stroomafwaarts van de stuwsluis. Deze waterloop draineert de laaggelegen alluviale gronden en ontvangt langs zijn linkeroever verschillende belangrijke beken die ontspringen langs de zuidoostelijke flank van de waterscheidingskam Schelde-Leie, met name :

- de Avelgembeek ontstaan uit een samenvloeiing van de Oliebergbeek die ontspringt te Moen en de Scheebeek die ontspringt op de grens Avelgem-Heestert. Aan de wijk Gibraltar (grens Outrijve-Avelgem) ontvangt zij de Puurbeek. De Avelgembeek mondt uit in de Rijtgracht op de grens Outrijve-Avelgem.
- de Scheebeek ontspringt als Verbrandhofbeek te Heestert op de westelijke flank van de Keiberg (ca. +60). Langs haar linkeroever wordt ze vervoegd door de Kleine Ronse beek uit Otegem, de Beek ter Biest uit Ingooigem, de St. Arnoldusbeek te Tiegem en de Gevaartbeek uit het grensgebied Tiegem-Waarmaarde. Langs haar rechteroever mondt de Waffelstraatbeek uit te Avelgem. De Scheebeek vormt over een groot gedeelte van haar loop de grens tussen Avelgem en Waarmaarde en komt zo in de Rijtgracht.
- de beek ter Poele; ontspringend te Tiegem op ca. + 20 vervoegt ze de Rijtgracht te Waarmaarde.

Het stroombekken heeft een oppervlakte van 3666 ha. Het graven van het kanaal Bossuit-Kortrijk heeft het orografische stroombekken verkleind in oppervlakte.

#### 3.2.3.1.2. De Parochiebeek - Stroombekken II

De Parochiebeek ontspringt op de grens Waarmaarde-Tiegem op ca. + 17,5. Ze stroomt in oostelijke richting naar een oude Schelde-arm te Kerkhove die via een valdeur in de Schelde uitmondt. De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 565 ha.

#### 3.2.3.1.3. De Kasterbeek - Stroombekken III

De Kasterbeek ontspringt te Tiegem op ca. + 42,5 en stroomt in oostelijke richting tot in Oost-Vlaanderen waarna ze afbuigt naar het zuidoosten en aldus in de Schelde vloeit te Elsegem. De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 306 ha.

#### 3.2.3.1.4. De Nederbeek - Stroombekken IV

De Nederbeek ontspringt te Tiegem op ca. + 50 en stroomt eerst in oost-noordoostelijke richting tot Gijzelbrechtegem alwaar ze langs haar linkeroever de Weidriesbeek ontvangt. Vervolgens neemt ze een oost-zuidoostelijke richting aan tot ca. 1,5 km van de Schelde waar ze deze te Elsegem vervoegt na het laatste stuk in zuidoostelijke richting te vloeien. De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 939 ha.

#### 3.2.3.1.5. De Rietgracht - Stroombekken V

De Rietgracht ontspringt als overloop van een oude Schelde-arm te Petegem. Deze ontvangt het water van de Snepbeek en Brulbeek afkomstig uit Gijzelbrechtegem en Petegem. De Rietgracht draineert verder de laaggelegen alluviale gronden te Petegem en Oudenaarde en ontvangt langs zijn linkeroever nog

de Beerbeek in Petegem, de Molenbeek-Volkaertbeek en een gedeelte van de vroegere Coupure te Oudenaarde. De Rietgracht loost haar water uiteindelijk in een bekken gelegen langs de Schelde en de verkeersader N60 Gent-Oudenaarde-Ronse. Van hieruit wordt dit verzamelde oppervlaktewater naar een gesloten reservoir ( $3000 \text{ m}^3$ ) op een hooggelegen punt gepompt. Het bevindt zich te Bevere (kruispunt N60 en N459 Oudenaarde-Kruishoutem-Deinze). Dit water wordt verdeeld in de industriezone van Oudenaarde. De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 2216 ha.

#### 3.2.3.1.6. De Coupure - Stroombekken VI

De Coupure die vroeger het verlengde was van de Rietgracht is nu een kleine waterloop die ontspringt ten noordoosten van de spoorwegverbinding Oudenaarde-Ronse. De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 384 ha.

#### 3.2.3.1.7. De Leebeek - Stroombekken VII

De Leebeek die ontspringt ten noorden van de stadskern van Oudenaarde in de alluviale Scheldevlakte ontvangt langs haar linkeroever te Eine het water van de Marollebeek en de Diepebeek, beide ontspringend te Ooike. Ze stort haar zwaar belast water in de Schelde juist stroomopwaarts de Ohio-brug. De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 1445 ha.

#### 3.2.3.1.8. De Stampkotbeek-Coupure - Stroombekken VIII

Een deel van het stroombekken gevormd door de Stampkotbeek en de Coupure ligt in het studiegebied. De Stampkotbeek ontspringt in Wortegem-Ooike en Wannegem-Lede vervoegd in Gavere de Coupure (verlengde van de Moerbeek) alvorens in de Schelde uit te monden ongeveer 0,7 km stroomafwaarts de stuwsluis van Asper. De waterloop Moerbeek-Coupure draineert de

laaggelegen gronden in de streek van Zingem. De Stampkotbeek ontvangt langs haar linkeroever het water van de Molenmeersbeek en de Plankbeek beiden afkomstig uit Kruishoutem. De oppervlakte van dit stroombekken voorkomend in het gekarteerde gebied bedraagt 3975 ha, dit is ca. 75% van de totale oppervlakte.

### 3.2.3.2. De onbevaarbare waterlopen langs de rechteroever van de Schelde

#### 3.2.3.2.1. De Boeversbeek - Stroombekken IX

Een klein gedeelte van het stroombekken (ca. 15%) van deze waterloop bevindt zich in het uiterste noorden van het gekarteerde gebied.

#### 3.2.3.2.2. De Stampkotbeek - Stroombekken X

De Stampkotbeek, die in haar bovenloop Munkbosbeek noemt, ontspringt op de grens van Zottegem en Oosterzele; zij vloeit in west-zuidwestelijke richting naar de Schelde te Hermelgem. De oppervlakte van haar stroombekken bedraagt 1260 ha; ca. 60% liggen binnen het gekarteerde gebied.

#### 3.2.3.2.3. De Zwalm - Stroombekken XI

De Zwalm ontspringt in Flobecq en mondt uit in de Boven-Schelde te Nederzwalm, een deelgemeente van Zwalm. Het rivierpatroon van het Zwalmbekken is kenschetsend voor de hydrografie van geheel Midden-België (P. DE BETHUNE, 1939). De verschillende bovenlopen van de Zwalm stromen W-E tot SSW-NNE. Nabij Nederbrakel draait de Zwalm, die nu één welbepaalde rivier geworden is, vrij plots af naar het NNW. Ter hoogte van Zottegem neemt ze een geleidelijke bocht en vloeit dan in E-W richting naar de Schelde. Haar stroomgebied is gelegen in het interfluvium tussen de

Boven-Schelde en de Dender. Enkele morfologische gegevens van het Zwalmbekken zijn samengebracht in tabel 3.5.

Tabel 3.5. Morfologische gegevens van het Zwalmbekken  
(F. DE TROCH en G. TISON, 1978)

Oppervlakte stroombekken	11427 ha
Omtrek stroombekken	52,6 km
Totale lengte waterlopenet	177,5 km
Lengte hoofdwaterloop	21,4 ha
Hoogteligging	min. 12 m
	max. 157,5 m

Ten behoeve een goed waterbeheer van deze waterloop te verwezenlijken, nl. het handhaven van een minimumpeil gedurende de zomermaanden en de regularisatie van hoge afvoeren voornamelijk gedurende de winterperiode werden door de Landelijke Waterdienst (Ministerie van Landbouw) vier automatische stuwen geplaatst nabij de Terbiestmolen, de IJzerkotmolen, de Zwalmolen en de Bostmolen\*, ze zijn operationeel sinds 1981 (studie betreffende de waterkwaliteit van het Zwalmbekken uitgevoerd in het kader van het B.T.K.-project nr 12134 : "Inventarisatie en evaluatie van waterverontreinigingsbronnen in de Provincie Oost-Vlaanderen "PROVINCIALE DIENST VOOR DE BESCHERMING VAN HET LEEFMILIEU - PROVINCIEBESTUUR VAN OOST-VLAANDEREN - 1982 en K. DE VOS, 1982. De gegevens omtrent deze stuwen zijn in tabel 3.6. samengebracht.

\* Geen enkele van deze vier oude watermolens is op het huidig ogenblik werkzaam

Tabel 3.6. Basisgegevens betreffende de automatische stuwen -  
peilen in meter T.A.W. (F. DE TROCH, 1983 per-  
soonlijke mededeling)

Omschrijving	Stuw Terbiest- molen	Stuw IJzerkot molen	Stuw Zwalm- molen	Stuw Bost molen
Peil vaste drempel	10,70	13,20	17,80	21,45
Peil vloer woelbak	9,57	12,07	16,67	20,32
Peil bodem stroomafwaarts van de stuw	10,70	13,20	17,80	21,45
Maatgevende afvoer in m <sup>3</sup> / sec (overschrijding 1 maal per 1-2 jaar)	11,0	10,5	9,5	6,5
Automatisch te handhaven zomerpeil stroomopwaarts	13,20	16,06	19,95	23,80
Breedte stuw in m	6,10	5,60	5,60	4,60
Hoogteverschil in m tussen zomerpeil en vaste drempel	2,50	2,86	2,15	2,35

De stuwen gelegen aan de oude watermolens waarmee vroeger het waterbeheer in de Zwalm gebeurde bestaan nog maar zijn niet meer operationeel. Op het huidig ogenblik werken de vier automatische stuwen onafhankelijk van elkaar hetgeen niet toelaat een optimaal waterbeheer te realiseren. Uit de studie over de optimale regeling van de stuwen op de Zwalm (J. MARIEN, 1980) blijkt de bergingscapaciteit om peilafvoeren optimaal te reduceren onvoldoende te zijn. Verbeteringswerken aan de monding van de rivier zijn dus onvermijdelijk (K. DE VOS, 1982).

De voornaamste zijbeken van de Zwalm zijn (A.W.P. Algemeen waterzuiveringsprogramma van het Vlaamse Gewest - Niveau 2 - Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap) op de rechteroever :  
de Verrebeek (367 ha)

de Marebeek (228 ha)

de Traveinsbeek (1.105 ha)

de Molenbeek (1.396 ha)

de Passemarebeek en de Zwedebeek (698 ha)

op de linkeroever :

de Molenbeek (1.570 ha)

de Dorenbeek (341 ha)

de Boembeek (276 ha)

de Wijlegemsebeek (340 ha)

de Waalbeek (120 ha)

de Peerdestokbeek (2.263 ha)

De verschillende oude watermolens die voor het waterbeheer zorgden op de Peerdenstokbeek-Moldergembeek-Perlinkbeek zijn niet meer operationeel.

In het Zwalmbekken zijn verschillende hydrometrische waarnemingsstations\* gelegen (F. DE TROCH, 1983 persoonlijke mededeling) zie tabel 3.7.

\* Er waren nog een aantal stations op de Zwalm en op de zijlopen ervan die gedurende bepaalde perioden werden gevolgd (alseek enkele brondebieten) maar die zijn nu afgeschaft of verlaten. Vanaf 1983 zouden P34.9, P35.9 en P.35.1 ook verlaten zijn

Tabel 3.7. Waarnemingsstations in het Zwalmbekken

Code Nr.	Waterloop/Gemeente	Beheer/Dienst	Aard
527	Zwalm/Nederzwalm	Min. Landbouw (Landelijke Waterdienst)	peilen+debieten
P34.9	Zwalm/St.Maria-Oudenhove	Lab.Hydraulica RUG	peilen+debieten
P35.9	Zwalm/St.Goriks-Oudenhove	Lab.Hydraulica RUG	peilen+debieten
P35.1	Peerdestokbeek/Nederzwalm	Lab.Hydraulica RUG	peilen+debieten
Sl	-/Elst	Lab.Hydraulica RUG	neersag + verdamping

In de periode 1967-1983 werden in het hoofdstation te Nederzwalm (geografische coördinaten : 3°41'15"O.L.-50°53'10"N.B.; oppervlakte stroomgebied ± 114 km<sup>2</sup>) volgende maximale debieten opgemeten :

- dagelijks gemiddeld debiet, maximaal ca. 21,3 m<sup>3</sup>/s
- peilafvoer (uurgemiddelde), maximaal ca. 29,7 m<sup>3</sup>/s (op 23.10.1974)
- jaarlijks gemiddelde van wasdebiet (M.A.F. = mean annual flood) ca. 12,8 m<sup>3</sup>/s

Het jaargemiddeld debiet te Nederzwalm bedraagt ca. 0,8 m<sup>3</sup>/s (periode 1967-1978).

De Zwalm en het Zwalmbekken maken het onderwerp uit van een groot aantal studies en publikaties die ofwel van wetenschappelijke (proefschriften voor het bekomen van een licentiaats- of doctoraatsgraad aan de RUG en VUB) ofwel van economische aard zijn (oppervlaktewaterwinningsproject van de T.M.V.W.).

Nuttige adressen :

- Laboratorium voor Hydraulica van de Rijksuniversiteit te Gent - Prof. G. TISON, St. Pietersnieuwstraat 41, 9000 Gent



- A. VAN DER BEKEN, Pleinlaan 2, 1050 Brussel  
- Tussengemeentelijke Maatschappij der Vlaanderen voor Waterbedeling, Stropkaai 14, 9000 Gent.

#### 3.2.3.2.4. De Oossebeek - Stroombekken XII

De Oossebeek ontspringt op de grens tussen de gemeenten Mater en Sint-Maria-Horebeke op ca. + 90; ze vervoegt de Schelde te Welden. De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 1.089 ha.

#### 3.2.3.2.5. De Rijtgracht - Stroombekken XIII

De Rijtgracht draineert de laaggelegen alluviale gronden in het gebied van Welden. Deze ontvangt langs haar rechteroever een waterloop zonder naam afkomstig uit Ename. De Rijtgracht mondt uit in de Schelde via een gedeelte van een oude Scheldearm. Een pompemaal laat toe het water uit de laaggelegen alluviale gronden naar de benedenloop van de Rijtgracht te brengen. De oppervlakte van dit stroombekken bedraagt 553 ha.

#### 3.2.3.2.6. De Riedekensbeek - Stroombekken XIV

De Riedekensbeek ontspringt in Volkegem op ca. + 60; ze vloeit in de Schelde te Ename. De oppervlakte van haar stroombekken bedraagt 486 ha.

#### 3.2.3.2.7. Waterloop zonder naam - Stroombekken XV

De waterloop zonder naam (nr. S.317 - nummering van de Provinciale Technische Diensten) ontspringt in het gehucht Rekkem (Edelare-Volkegem) en vervoegt de Schelde iets stroomafwaarts van de stuwsluis te Oudenaarde. De oppervlakte van haar stroombekken bedraagt 318 ha.

### 3.2.3.2.8. De Markebeek - Stroombekken XVI

Stroomopwaarts Oudenaarde vloeit de Markebeek, die ontspringt op de grens van Ellezelles en Flobecq; de oppervlakte van dit stroombekken bedraagt 5506 ha (STUDIE BETREFFENDE DE WATERKWALITEIT VAN DE MARKEBEEK, uitgevoerd in het kader van het B.T.K.-project nr. 12134 : "Inventarisatie en evaluatie van waterverontreinigingsbronnen in de Provincie Oost-Vlaanderen" - PROVINCIALE DIENST VOOR DE BESCHERMING VAN HET LEEFMILIEU - PROVINCIEBESTUUR VAN OOST-VLAANDEREN). In haar boveloop S-N. gericht neemt deze waterloop stroomafwaarts Schorisse een ESE-WNW richting aan tot haar samenvloeiing met de Schelde. De voornaamste zijbekken van de Markebeek zijn gelegen langs de linkeroever en vertonen eveneens een S-N tot SSW-NNE richting in hun loop; het betreft de Nederaalbeek-Holbee te Etikhove en de Pauwelsbeek te Maarkedal.

De verschillende oude watermolens op de Markebeek die het waterbeheer verzorgden zijn thans niet meer operationeel.

Te Etikhove is een hydrometrisch waarnemingsstation gelegen (code nr. 528 - geografische coördinaten  $3^{\circ}36'47''$  O.L.- $50^{\circ}49'35''$ N.B. Oppervlakte stroomgebied  $\pm 50,8 \text{ km}^2$ ); het valt onder het beheer van de Landelijke Waterdienst van het Ministerie van Landbouw. Er gebeuren dagelijks peilschaalaflezingen sinds 1969, er zijn limnigrammen beschikbaar sedert juli 1972 en vanaf februari 1973 worden regelmatig debietmetingen uitgevoerd (Laboratorium voor Hydraulica van de Rijksuniversiteit Gent). Enkele uitzonderlijke debietmetingen werden geregistreerd.

- hoogste gemeten debiet (1979) :  $6,55 \text{ m}^3/\text{s}$
  - in 1980 werd het hoogste peil geregistreerd ca. 14,9 m. T.A.W. hetgeen overeenkomt met een debiet van ca.  $8 \text{ m}^3/\text{s}$
  - jaarlijks gemiddelde van wasdebiet (M.A.F.) ca.  $4 \text{ m}^3/\text{s}$
- Nuttige adressen :

- Laboratorium voor Hydraulica van de Rijksuniversiteit Gent  
Prof. G. TISON  
St. Pietersnieuwstraat 41  
9000 Gent

#### 3.2.3.2.9. Waterloop zonder naam - Stroombekken XVII

Een weinig belangrijke waterloop waarvan het stroombekken 28 ha bedraagt mondt in de Schelde uit ca. 1 km stroomopwaarts de Markebeek.

#### 3.2.3.2.10. De Molenbeek - Stroombekken XVIII

De Molenbeek krijgt het water uit de Beiaardbeek, ontspringend op ca. + 85 te Kwaremont; uit de Kruitholbeek ontspringend op ca. + 95 te Zulzeke en uit een waterloop zonder naam eveneens ontspringend op ca. + 95 te Zulzeke. Deze Molenbeek kruist op twee plaatsen te Melden de Molenbeek die de laaggelegen alluviale gronden afwaterd in het gehucht Ter Donk (gemeente Berchem - zie 3.2.3.2.11.) alvorens de Schelde te vervoege te Melden. De oppervlakte van het stroombekken van de Molenbeek die de "hoge gronden" afwaterd bedraagt 1211 ha.

#### 3.2.3.2.11. De Molenbeek - Rijtgracht - Stroombekken XIX

De laaggelegen alluviale gronden gelegen langs beide zijden van de zandrug (zie 1.3.3.1.) tussen Melden en Berchem wateren af via de Molenbeek - Rijtgracht en Zijpte naar de Schelde te Melden. Een pompemaal op de Molenbeek laat toe de laaggelegen gronden in de gemeente Berchem te ontwateren; de Molenbeek kruist via twee sifons de Molenbeek die de "hoge gronden" van de gemeenten Zulzeke en Kwaremont ontwatert. De laaggelegen gronden langs de noordwestelijke rand van de zandrug wateren af via de Rijtgracht eveneens met behulp van een pompemaal aan de Oude Schelde-arm te Meerse. Beide water-

lopen komen samen te Melden waar een pompstation vlakbij de Schelde het water in de Schelde stuwt.

De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 939 ha.

#### 3.2.3.2.12. De Molenbeek - Stroombekken XX

De Molenbeek te Berchem ontspringt op ca. + 80 te Kwaremont. Langs haar linkeroever ontvangt ze een Molenbeek uit het Kluisbos. Wegens haar gering verval in de benedenloop kunnen perioden van grote was zorgen voor wateroverlast te Berchem spijs een rechtstreekste verbinding die bestaat met de Schelde langsheen de Pontstraat. De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 1122 ha.

#### 3.2.3.2.13. De Dorpsbeek - Stroombekken XXI

Ontspringend op de flanken van de Kluisberg op ca. + 85 mondt deze waterloop uit in de Schelde te Ruien ongeveer 1 km stroomafwaarts de stuwsluis te Berchem. De oppervlakte van het stroombekken van deze waterloop bedraagt 305 ha.

#### 3.2.3.2.14. Waterloop zonder naam - Stroombekken XXII

Een weinig belangrijke waterloop zonder naam ontspringend op de noordwestelijke flank van de Kluisberg op ca. + 80 mondt uit in de Schelde te Ruien. Over een groot deel van zijn loop is deze waterloop verbuisd. De oppervlakte van haar stroombekken bedraagt 137 ha.

#### 3.2.3.2.15. Waterloop zonder naam - Stroombekken XXIII

Een weinig belangrijke waterloop zonder naam ontspringt op ca. + 30 langs de noordwestelijke flank van de Kluisberg en vervoegt de Schelde te Ruien. De oppervlakte van haar

stroombekken bedraagt 141 ha.

### 3.2.4. De kartografische voorstelling

Kaart 2 - hydrografie behandelt een uitgebreider thema dan de titel aangeeft; naast gegevens betreffende het hydrografisch net zijn inlichtingen vermeld over bronnen, stilstaande waters en moerassen, de alluviale vlakte van de Schelde, de stroombekkens en de hydrometeorologie. Voor de voorstelling van deze kaart (legende) werd voornamelijk gesteund op bestaande hydrografische en aanverwante kaarten en publikaties. Als belangrijkste gegevens moeten vermeld worden :

- de talrijke hydrografische kaarten op schaal 1:50.000 en publikaties van de dienst van Prof. M. KLIMAZEWSKI in Polen.
- de hydrogeologische kaarten en atlassen op schaal 1:50.000 en 1/100.000 en
- de "Cartes de vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine" op schaal 1:50.000, beide van de Bureau des Recherches Géologiques et Minières
- de hydrogeomorfologische kaarten van J. TRICART et al (1966)
- de waterstaatskaarten op schaal 1:50.000 van Nederland  
Direktie Waterhuishouding en Waterbezorging
- de hydrografische kaart; publikatie van P. DE SMEDT en F. GULLENTOPS (1981) met een kaartvoorbeeld van het blad Haacht-Rotselaar 24/5-6 (N.G.I.)

Deze kaart werd opgemaakt steunend op bestaande gegevens waarbij enkele onduidelijke gegevens op het terrein werden gecontroleerd. Specifiek veldwerk werd echter in het kader van deze kaart niet verricht.

### 3.2.4.1. Het hydrografisch net

Als basisdocumenten beschikken we over :

- de oro-hydrografische kaarten op schaal 1:25.000 van het N.G.I. (2de editie)
  - de kaarten van de atlas van de waterlopen van de Provinciale Technische Diensten
  - diverse plans en luchtfotoseries van het Ministerie van Openbare Werken - Dienst van het Stroomgebied der Schelde.
- Tevens werd rekening gehouden met enkele recente wijzigingen gekoppeld aan ruilverkavelingen op de grondgebieden van Eine, Melden en Welden. Op enkele plaatsen werden kleine drainagegrachten soms niet aangegeven teneinde de overzichtelijkheid van de kaart niet in het gedrang te brengen.

De waterlopen worden voorgesteld volgens breedteklassen. Het beschikbare gegeven is hier de vloerbreedte. Verder wordt een onderscheid gemaakt tussen permanente en niet permanente waterlopen; verdwijningen en resurgenties evenals het ondergronds tracé (vanaf een lengte > 100 m) zijn aangegeven. Watervallen en stroomversnellingen zijn vermeld. Het betreft hier de oude stuwen aan de watermolens die vroeger het waterbeheer op de beken (voornamelijk langs de rechteroever van de Schelde) regelden. Aangezien deze stuwen en de watermolens nu niet meer operationeel zijn werden ze als watervallen aangegeven. De zeer talrijke oude open Schelde-armen werden wegens hun directe relatie met het waterloppennet hierbij gerangschikt. Bij de kunstmatige waterlopen wordt een onderscheid gemaakt naar gelang hun bevaarbaarheid. Naast de indeling in breedteklassen zijn nog een aantal parameters van de permanente waterlopen aangegeven; dit zijn de diepte (ofwel de waterdiepten ofwel de gemiddelde diepte onder de oevers) en de vloerbreedte op bepaalde meetsekties alsook de theoretische waterpeilen in de panden en de tonnenmaat van de Schelde en het kanaal Bossuit-Kortrijk. Als kunstwerken op waterlopen zijn vermeld :

- gekanaliseerde delen van waterlopen
- sluizen
- stuwen
- stuwsluizen
- watervangen
- pompgemalen

Bij de hydrometrische waarnemingspunten is een onderscheid gemaakt tussen :

- plaatsen waar waterpeilen worden afgelezen op een peilschaal
- plaatsen waar waterpeilen worden genoteerd door een peilschrijver
- plaatsen waar debietmetingen gebeuren.

#### 3.2.4.2. De bronnen

##### 3.2.4.2.1. Inleiding

In het kaartgebied komen een groot aantal bronnen voor. Hun ontstaan is te wijten aan de geologische opbouw en het reliëf. Meestal ontspringen ze aan de grens tussen zand- en kleilagen van tertiaire ouderdom, bv.:

- het Paniseliaan zand (Pld) als watervoerende horizon rustend op een stuwlaag met name het Paniseliaan klei-zand-complex (Plc)
- het Ieperiaan zand (Yd) als watervoerende horizon rustend op een stuwlaag met name de Ieperiaan klei (Yc).

Aldus zijn ze van het type grensbron; waar echter deze grens door kwartaire leem is bedekt vormen zich uitsijpelings- of moerasbronnen (E. BUYSCHAERT, 1976). De topografie is er de oorzaak van dat de meeste bronnen voorkomen langs de rechteroever van de Schelde.

#### 3.2.4.2.2. Ligging van de bronnen

De ligging van een bron is meestal tijdsgebonden, en haar ontstaan of verdwijning zijn afhankelijk van allerlei factoren die zowel van natuurlijke als kunstmatige oorsprong zijn.

Er bestaan geen algemene documenten waarop alleen bronnen zijn aangegeven. In het kader van deze studie werden de gegevens overgenomen van de volgende kaarten :

- de topografische kaarten van het N.G.I.
- de bodemkaarten

In het Zwalmbekken werden de bronnen systematisch gekarteerd (licentiaatsstudie E. BUYSCHAERT, 1976), waardoor de kaart in dit gebied gedetailleerde informatie verschaft.

#### 3.2.4.2.3. Kartografische voorstelling

Een cirkelsymbool geeft de ligging van de bronnen aan. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen goed gelokaliseerde en diffuus voorkomende bronnen. Op verscheidene plaatsen wordt het bronwater gecapteerd ten behoeve van de drinkwatervoorziening (bv. stad Oudenaarde) of de industrie (bv. frisdrankenbedrijven) hetgeen is vermeld.

#### 3.2.4.3. Stilstaande waters - moerassen

##### 3.2.4.3.1. Stilstaande waters

Hierbij behoren alle stilstaande oppervlaktewaters met uitzondering van de verlaten Schelde-armen. De informatie is afkomstig van :

- de topografische kaarten van het N.G.I.
- luchtfotoseries en plannen van het M.O.W.
- gegevens vanwege de technische diensten van de gemeenten



Er werd geen verder onderscheid gemaakt betreffende de oorsprong het gebruik en de bestemming van de oppervlaktewaters.

#### 3.2.4.3.2. Moerassen

De moerassen werden aangegeven zoals ze voorkomen op de topografische kaarten van het N.G.I.

#### 3.2.4.4. Alluviale vlakte

De alluviale vlakte van de Schelde is aangegeven. De informatie is afkomstig van :

- de bodemkaarten
- luchtfotoseries van het M.O.W.
- de geomorfologische kaart Sint-Maria-Horebeke-Zottegem 30/1-2.

De alluviale bodems in de zijvalleien werden niet aangegeven.

#### 3.2.4.5. Waterscheidingen - Stroombekkens

Als stroombekken werd gedefinieerd : het gebied dat gedraineerd wordt door een waterloop die rechtstreeks in de Schelde uitmondt. Aldus werden 23 stroombekkens onderscheiden. Hun waterscheidingen zijn aangeduid alsmede de oppervlakten van het ganse stroombekken en deze van het gedeelte van het stroombekken voorkomend binnen het gekarteerde gebied.

#### 3.2.4.6. Hydrometeorologie

Binnen het gekarteerde gebied liggen drie pluviometrische stations :

- aan de stuwsluis op de Schelde te Berchem\*
- aan de stuwsluis op de Schelde te Oudenaarde ,

\* Aangegeven als station te Kerkhove. Sinds rechte trekking van Schelde en nieuwe provinciegrens Oost-Vlaanderen en West-Vlaanderen ligt dit station op het grondgebied van Berchem.

- te Elst (Zwalmbekken).

De eerste twee behoren tot het net van het Koninklijk Meteorologisch Instituut, het station te Elst wordt beheert door het Laboratorium voor Hydraulica van de RUG en de Tussengemeentelijke Maatschappij der Vlaanderen voor Waterbedeling). Verschillende stations van het K.M.I. in het gekarteerde gebied werden gesloten, bv.

- het station te Ronse gesloten sinds 30.07.1977

- het station te Avelgem gesloten sinds 31.08.1969

In tabel 3.8. zijn pluviometrische normalen aangegeven voor de periode 1950 - 1975 (G.L. DUPRIEZ en R. SNEYERS, 1978) in mm.

Tabel 3.8. Pluviometrische normalen voor de periode 1950-1975 in mm  
(G.L. DUPRIEZ en R. SNEYDERS,1978)

Station	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jaar
Avelgem*	56	44	43	44	54	63	71	72	68	68	64	63	710
Berchem	60	48	50	50	57	63	70	73	71	73	69	66	750
Oudenaarde	62	51	53	53	60	65	74	78	77	78	72	69	792
Ronse	58	48	50	50	57	61	68	72	71	73	68	65	741

\* periode 1950-1969

### 3.3. KAART 3 - Grondwaterwinningen

#### 3.3.1. Inleiding

In het studiegebied kunnen van onder naar boven drie watervoerende lagen worden onderscheiden (cfr. 1.3.6.)

- de Sokkel en/of het Krijt
- het Landeniaan
- het Kwartair

Steunend op de gegevens afkomstig van de steekkaarten van de Dienst Water- en Bodembeleid van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap) werden de winningen in deze lagen kartografisch voorgesteld (in tabel 3.9. zijn deze gegevens per kaartblad samengebracht).

#### 3.3.2. Kartografische voorstelling

De kartografische voorstelling maakt deel uit van een algemene legende opgesteld voor grondwaterwinningskaarten op schaal 1:25.000 die geldig is voor het ganse Vlaamse Gewest (anno 1981 - Leerstoel van Toegepaste Geologie). Er worden 4 parameters aangegeven, nl.

- de oorsprong van het gewonnen water
- de hoeveelheid gewonnen water
- de bestemming van het gewonnen water
- de winmethode

##### 3.3.2.1. Oorsprong van het gewonnen water

De watervoerende laag waaruit gewonnen wordt is aangegeven met een bepaalde symboliek en een welbepaalde kleur :

- oranje voor winningen in het Kwartair
- rood voor winningen in het Landeniaan

- violet voor winningen in de Sokkel en/of het Krijt

De benamingen op de steekkaarten van de Dienst Water- en Bodembeleid (zie tabel 3.9.) zijn soms onduidelijk en worden hierbij verklaard :

- Sokkel of rotsachtig substraat zijn benamingen die overeenkomen met de afzettingen van het Paleozoïcum
- Alluvium van de Schelde, kwartaire dekzanden, Pleistoceen en kwartiar dek zijn benamingen waarbij het watervoerende gedeelte van de kwartaire afzettingen (Kwartair zandcomplex genoemd in deze studie - zie 3.4.) wordt bedoeld.

### 3.3.2.2. Hoeveelheid gewonnen water

De hoeveelheid gewonnen water in  $\text{m}^3/\text{j}$  is evenredig met de oppervlakte van een cirkel. Deze continue tweedimensionele voorstellingswijze laat een zeer uitgebreid waardebereik van deze grootheid toe. Voor het ganse Vlaamse Gewest is het mogelijk aldus winningen aan te geven begrepen tussen  $1000 \text{ m}^3/\text{j}$  en  $9.522.340 \text{ m}^3/\text{j}$ . Hierbij is  $1000 \text{ m}^3/\text{j}$  de kleinste hoeveelheid die wordt afgebeeld (voorstel opdrachtgever) en  $9.522.340 \text{ m}^3/\text{j}$  de grootste hoeveelheid gewonnen in het Vlaamse Gewest door één winning (Eisden - 1983). De straal van de cirkel die deze laatste hoeveelheid voorstelt werd rekening houdend met de schaal van de kaart (1:25.000) genomen op 3 cm (fig. 3.3.). Naast het cirkelsymbool wordt de cijferwaarde ( $\cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{j}$ ) van de gewonnen hoeveelheid samen met het jaartal aangegeven. Er is naar gestreefd een toestand weer te geven waar alle hoeveelheden zo veel mogelijk betrekking hadden op dezelfde periode (1983). Was deze waarde niet beschikbaar of niet representatief voor de winning dan is steeds de meest recente representatieve waarde voorgesteld.

Het middelpunt van de cirkel die de gewonnen hoeveelheid voorstelt is steeds gelegen in het theoretisch zwaartepunt van de winning (cfr. de batterijen van de N.M.W. te Waarmaarde-Kerkhove).

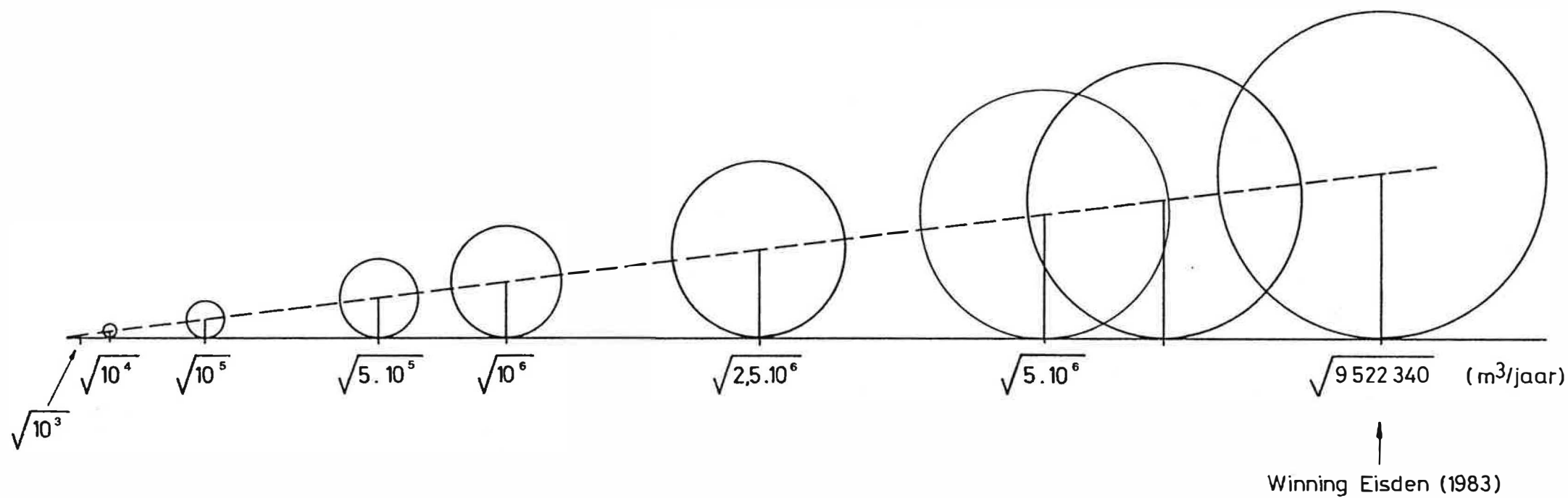


Fig. 3.3. Cirkelvoorstelling van de hoeveelheid gewonnen water

### 3.3.2.3. Bestemming van het gewonnen water

Naast de gewonnen hoeveelheid water wordt de bestemming ervan aangeduid door een lettersymbool.

Als bestemmingen zijn vermeld :

- I : industrie en/of landbouw
- D : drinkwatermaatschappijen

### 3.3.2.4. Winmethode

De cirkelvoorstelling (hoeveelheid) is telkens gecombineerd met een andere symboliek die toelaat de winmethode te kennen. In het studiegebied is de winmethode in alle gevallen van het type geboorde put waarvoor als symbool eenvoudigweg de cirkel is gekozen. In het geval de winning bestaat uit meerdere putten wordt dit met een symbool voor batterij aangegeven. Hierbij wordt de omtrek van de puttenbatterij ingetekend.

### 3.3.3. Bespreking van de grondwaterwinningskaart

De winningen zijn gekoncentreerd in twee gebieden : de streken van Oudenaarde, Kluisbergen en Avelgem; t.t.z. in de meest verstedelijkte en geïndustrialiseerde zones. In totaal zijn 28 winningen gesitueerd waarvan er 15 water onttrekken uit de Sokkel en/of het Krijt; 6 uit het Landeniaan en 7 uit het Kwartair. Hoewel de gewonnen hoeveelheden (tabel 3.9) afhankelijk zijn van talrijke niet gekende factoren vallen vooral de lage waarden op van de winningen in het Landeniaan (cfr. 1.3.6.2. en tabel 3.10.).

Tabel 3.9. - Grondwaterwinningen.

Kaartblad	Lambert koörd.		Peil (m.TAW) Z	Oorsprong van het gewonnen water	Jaarlijks gewonnen hoeveelheid in m³	Plaats (in m:) of lengte van het filter (m)	Aard der winning	Bestemming van het gewonnen water	Winmethode
	X	Y							
Oudenaarde 29/4	95,94	170,72	+ 11	krijt en sokkel	77 : 19.793 78 : 22.694 79 : 20.870 80 : 23.828 81 : 26.499	90 - 121	artesisch	I	geboorde put
	95,97	170,51	+ 10	sokkel		-	artesisch		
Oudenaarde 29/4	96,25	171,30	+ 12	sokkel	77 : 32.018 78 : 25.610 79 : 23.510 80 : 14.000 81 : 12.624 82 : 12.427 85 : 27.144 (2 putten)	-	-	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	95,42	172,87	+ 22,5	sokkel	80 : 29.110 81 : 27.562 82 : 22.500 83 : 29.500	157	artesisch	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	97,57	173,98	+ 13	rotsachtig substraat	77 : 30.000 78 : 32.000 79 : 35.000 80 : 30.000 81 : 30.000 82 : 59.274 (2 putten) 83 : 60.747 (2 putten)	-	artesisch	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	96,55	169,92	+ 13	sokkel	79 : 3.269 80 : 6.862 81 : 2.402	81,2-107,8	artesisch	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	96,40	173,72	+ 15	sokkel	77 : 46.000 78 : 88.900 79 : 88.300	-	artesisch	I	geboorde put
	96,36	173,68	+ 15	sokkel	81 : 88.000 82 : 66.640 +22.320	-	artesisch		
Oudenaarde 29/4	97,10	172,09	+ 10	sokkel	77 :300.000 78 : 93.108 79 :190.000	-	artesisch	I	geboorde put
	97,11	172,03	+ 10	sokkel	80 :163.200 81 :164.100	-	artesisch		



Tabel 3.9. - Grondwaterwinningen (vervolg)

Oudenaarde 29/4	96,15	170,04	+ 11	sokkel	77 :413.065 78 :431.570 79 :392.000 80 :397.606 81 :373.070 82 :462.865	-	artesisch	D	geboorde put
Oudenaarde 29/4	96,12	170,73	+ 10	rotsachtig substraat	78 : 4.000 79 : 4.000	-	artesisch	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	95,86	171,435	+ 14	sokkel	77 :108.000 78 :108.000 79 :116.000 80 :112.000 81 :110.000 82 :120.000 83 : 64.700	-	artesisch	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	95,25 95,20	172,85 172,75	+ 20 + 20	sokkel sokkel	81 :798.000	-	artesisch	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	97,72	173,76	+ 11	Landeniaan	78 : 600 79 : 720 80 : 1.400 81 : 4.500 82 : 7.500 83 : 800	-	-	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	97,29	173,28	+ 12	Landeniaan	78 : 2.300 79 : 2.208 80 : 2.100 81 : 2.100 82 : 2.100	-	-	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	96,96	170,93	+ 10	Landeniaan	77 : 3.227 78 : 3.160 79 : 3.040 80 : 3.220 81 : 3.190 82 : 3.650	-	artesisch	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	96,34	170,58	+ 11	Landeniaan	81 : 1.664	-	artesisch	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	96,67	170,90	+ 10	pleistoceen	78 : 4.634 79 : 9.970	16 - 23	-	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	95,02	169,32	+ 10	pleistoceen	80 : 14.581 (5 putten) 81 : 11.790 (4 putten)	3 - 9	freatisch	I	batterij van geboorde putten

Tabel 3.9. - Grondwaterwinningen (vervolg)

Oudenaarde 29/4	96,12	171,91	+ 15	pleistoceen	77 : 3.250 78 : 250 79 : 250 80 : 1.550 81 : 1.600	-	-	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	97,18	172,04	+ 10	alluvium van de Schelde	77 : 360.000 78 : 178.829 79 : 195.000 80 : 216.000 81 : 234.400	-	freatisch	I	geboorde put
Oudenaarde 29/4	97,46	172,28	+ 10	alluvium van de Schelde	77 : 19.600 (7 putten) 78 : 157.500 (7 putten) 79 : 102.400 (7 putten) 80 : 111.000 (8 putten) 81 : 77.300 (8 putten)	11 - 22	freatisch	I	batterij van geboorde putten
Oudenaarde 29/4	97,43	173,64	+ 15	pleistoceen	77 : 4.000 78 : 4.000 79 : 4.200 80 : 4.200 81 : 4.000	-	freatisch	I	geboorde put

Tabel 3.9- Grondwaterwinningen (vervolg)

29/7 Avelgem	87,93	164,13	+ 12	krijt en sokkel	77 : 193.201	-	artesisch	I	geboorde put
	87,99	163,60	+ 14	krijt en sokkel	78 : 186.220	-	artesisch		
	87,93	163,98	+ 12,5	krijt en sokkel	79 : 193.848	-	artesisch		
	88,23	163,93	+ 12,5	krijt en sokkel	80 : 209.151	-	artesisch		
	88,34	163,79	+ 13	krijt en sokkel	81 : 234.205	-	artesisch		
	88,01	163,82	+ 13	krijt en sokkel	82 : 308.480,2 83 : 247.579,6 84 : 244.350,6	-	artesisch		
29/7 Avelgem	90,11	164,63	+ 15	sokkel + krijt	74 : 432.030	48 - 96	-	I	geboorde put
	90,08	164,64	+ 15	sokkel + krijt	75 : 379.956	-	-		
	89,96	164,64	+ 15	sokkel	76 : 348.234	63 - 89,5	-		
	89,81	164,59	+ 15	sokkel + krijt	77 : 332.000	64,8-110	-		
					78 : 560.199				
					79 : 548.450				
29/7 Avelgem	87,38	162,99	+ 16	sokkel	77 : 10.166	-	-	I	geboorde put
					78 : 7.722				
					79 : 10.475				
					80 : 11.635				
					81 : 10.424				
					82 : 10.793				
29/7 Avelgem	84,45	163,08	+ 22	sokkel	81 : 2.400	-	artesisch	I	geboorde put
					82 : 2.400				
29/7 Avelgem	87,64	163,62	+ 13	Landeniaan	78 : 1.000	-	-	I	geboorde put
					79 : 2.000				
					80 : 1.500				
					81 : 1.400				
					82 : 6.300 (2 putten)				
					83 : 1.300				
29/7 Avelgem	87,61	163,56	+ 13	Landeniaan	78 : 6.500	-	-	I	geboorde put
					79 : 5.500				
					80 : 6.000				
					81 : 5.500				
					83 : 5.500				
29/7 Avelgem	85,71	164,28	± 13	Kwartair dek	77 : 816.565	-	freatisch	D	batterijen van geboorde putten
					78 : 845.785				
					79 : 1.047.950				
					80 : 1.388.015				
					81 : 1.708.220				
					82 : 1.538.600				
					83 : 3.390.525				
					84 : 5.335.180				

Tabel 3.10. Minimum, maximum en gemiddelde waarde van de gewonnen hoeveelheden grondwater per laag\*

Oorsprong	Gewonnen hoeveelheid in m <sup>3</sup> /j		
	Minimum	Maximum	Gemiddelde
Sokkel en/of Krijt	2,4.10 <sup>3</sup>	798,0.10 <sup>3</sup>	168,0.10 <sup>3</sup>
Landeniaan	1,3.10 <sup>3</sup>	5,5.10 <sup>3</sup>	15,0.10 <sup>3</sup>
Kwartair	1,6.10 <sup>3</sup>	3.390,5.10 <sup>3</sup>	532,8.10 <sup>3</sup>

Het gewonnen water heeft in de meeste gevallen een industriële bestemming wat reeds kon verwacht worden uit de spreiding en situering. Twee winningen worden ten behoeve van de drinkwatervoorziening uitgebaat namelijk de winning te Waarmaarde - Kerkhove van de N.M.W. in de kwartaire afzettingen en de winning te Oudenaarde van de stad Oudenaarde in de Sokkelgesteenten.

De winmethodes zijn alle van het type geboorde put. Verschillende winningen in het Kwartair bestaan uit meerdere putten of batterijen (o.a. de winning van de N.M.W. te Waarmaarde-Kerkhove).

In tabel 3.11. zijn ter informatie enkele gegevens verzameld betreffende het grondwaterverbruik in 1982 in en rondom het studiegebied.

\* Deze tabel houdt geen rekening met het aantal putten per winning. De winperiode is deze op kaart 3 voorgesteld.

Tabel 3.11. Gegevens over het grondwaterverbruik in de vallei van de Boven-Schelde (1982)

I. Statistiek van het grondwaterverbruik voor de drinkwatervoorziening

A. Indeling van de putten  
-----

Winning	Laag	Gerechterlijk Arrondissement		
		Kortrijk	Oudenaarde	Totaal
NMDW				
- Avelgem	Pleistoceen	30	-	30
- Spiere	Sokkel	1	-	1
Totaal NMDW		31	-	31
Stad	Ledo-Paniseliaan*	-	6 bronnen	6
Oudenaarde	Sokkel	-	1	1
Totaal		-	6 + 1	6 + 1
Algemeen totaal		31	7	38

B. Indeling van de afnamen  
-----

Winning	Laag	Gerechterlijk Arrondissement		
		Kortrijk	Oudenaarde	Totaal
NMDW				
- Avelgem	Pleistoceen	1.538.600	-	1.538.600
- Spiere	Sokkel	3.996.075	-	3.996.075
Totaal NMDW		5.534.675	-	5.534.675
	Ledo-Paniseliaan*	-	278.964	278.964
Stad Oudenaarde	Sokkel	-	469.869	469.869
Totaal		-	748.833	748.833
Algemeen totaal		5.534.675	748.833	6.283.508

\* De bronnen in het Ledo-Paniseliaan liggen buiten het studiegebied

Tabel 3.11. Gegevens over het grondwaterverbruik in de vallei van de Boven-Schelde  
(1982 Vervolg)

II. Statistiek van het gewonnen grondwater door de nijverheid

A. Indeling van de installaties

Laag	Gerechterlijk Arrondissement		Totaal
	Kortrijk	Oudenaarde	
Pleistoceen	73	17	90
Ledo-Paniseliaan	-	2	2
Ieperiaan	9	16	25
Landeniaan	25	11	36
Sokkel + Krijt	86	21	107
Totaal	193	67	260

B. Indeling van de putten

Laag	Gerechterlijk Arrondissement		Totaal
	Kortrijk	Oudenaarde	
Pleistoceen	174	37	211
Ledo-Paniseliaan	-	4	4
Ieperiaan	10	32	42
Landeniaan	28	12	40
Sokkel + Krijt	112	30	142
Totaal	324	115	439

C. Indeling van de afnamen

Laag	Gerechterlijk Arrondissement		Totaal
	Kortrijk	Oudenaarde	
Pleistoceen	662.356	483.051	1.145.407
Ledo-Paniseliaan	-	120.900	120.900
Ieperiaan	25.055	217.803	242.858
Landeniaan	185.068	47.372	232.440
Sokkel + Krijt	3.685.058	1.154.964	4.581.627
Totaal	4.557.537	2.024.090	6.581.627

Tabel 3.11. Gegevens over het grondwaterverbruik in de vallei van de Boven-Schelde  
(1982) Vervolg

III. Statistiek van het opgevangen grondwater ter gelegenheid van tijdelijke pompingen

a. Indeling van de installaties  
-----

Laag	Gerechterlijk Arrondissement		
	Kortrijk	Oudenaarde	Totaal
Pleistoceen	1	-	1
Ledo-Paniseliaan	-	-	-
Ieperiaan	-	-	-
Landeniaan	-	-	-
Sokkel + Krijt	-	-	-
Totaal	1	-	1

B. Indeling van de afnamen  
-----

Laag	Gerechterlijk Arrondissement		
	Kortrijk	Oudenaarde	Totaal
Pleistoceen	40.824	-	40.824
Ledo-Paniseliaan	-	-	-
Ieperiaan	-	-	-
Landeniaan	-	-	-
Sokkel + Krijt	-	-	-
Totaal	40.824	-	40.824

### 3.4. KAARTEN 4 tot en met 6 en PLATEN 1 tot en met 4 Litologie - hydrogeologie

#### 3.4.1. Inleiding

Aan de hand van de interpretatie en de resultaten van de verzamelde gegevens en van de aanvullende proeven werden in de kwartaire afzettingen drie hydrogeologische eenheden onderscheiden. De uitbreiding van deze eenheden is voorgesteld op de kaarten 2, 4, 5 en 6 en op de platen 1 tot en met 4. In tabellen 3.13 tot en met 3.16. zijn enkele fysische kenmerken van deze kwartaire eenheden en van de Yc afzettingen samengebracht. De gegevens hierin opgenomen zijn het resultaat van een aantal grondmonsteranalyses uitgevoerd door het R.I.G. In de tabellen zijn de minimum- en maximumwaarde, het gemiddelde en de standaarddeviatie van de belangrijkste granulometrische parameters, het humusgehalte, een aantal grondmechanische kenmerken en de resistiviteit opgenomen; deze grootheden laten toe een inzicht te krijgen in het hydrogeologisch karakter van de eenheden. In tabel 3.12. worden de aangewende symbolen verklaard. Voor zover beschikbaar zijn de kumulatieve kurven van de granulometrische analyses voorgesteld.

In het kader van deze studie werden tevens twee pompproeven uitgevoerd waaruit de hydraulische kenmerken van het kwartaire reservoir ter hoogte van de pompproefsites kon worden bepaald.

#### 3.4.2. Het tertiair substraat

Het tertiair substraat bestaat in het studiegebied uit de Klei van Vlaanderen (Yc). Het betreft een blauwgrijze tot blauwgroene stijve zware klei met soms interkallaties van kleihoudend fijn zand en zandsteen. Het



Tabel 3.12. Verklaring van de symbolen aangewend bij de tabellen met korrelverdeling, grondmechanische eigenschappen en resistiviteit

#### Korrelverdeling

Fraktie V	$2 < d < 20 \text{ mm}$
Fraktie IV	$200 \mu\text{m} < d < 2000 \mu\text{m}$
Fraktie III	$60 \mu\text{m} < d < 200 \mu\text{m}$
Fraktie II	$2 \mu\text{m} < d < 60 \mu\text{m}$
Fraktie I	$d < 2 \mu\text{m}$

#### Grondmechanische eigenschappen

$W_L$	: Vloeigrens
$W_p$	: Uitrolgrens
$I_p$	: Plasticiteitsindex
$\gamma_n$	: volumegewicht
$\gamma_d$	: drooggewicht
$w$	: Watergehalte
$n$	: Poriënvolume
$V$	: Verzuigingsgraad
$k$	: doorlatendheidscoëfficiënt
$C$	: samendrukkingskonstante
$A$	: ontlastingskonstante

#### Celproeven

$c'$	: schijnbare cohesie
$c$	: cohesie
$\phi'$	: schijnbare hoek van inwendige wrijving
$\phi$	: hoek van inwendige wrijving

#### Boorgatmetingen

$\rho_{LN}$	: resistiviteit gemeten met de lange-normaalopstelling
$\rho_{KN}$	: resistiviteit gemeten met de korte-normaalopstelling

Tabel 3.13. Kenmerken van de Klei van Vlaanderen (Yc)

Parameter <sup>(1)</sup>	Eenheid	$\bar{x}$ <sup>(2)</sup>	$s$ <sup>(3)</sup>	Min.	Max.	N <sup>(4)</sup>
V	%	0,14	0,47	0,0	2,0	24
IV	%	1,65	2,00	0,0	7,5	24
III	%	2,83	2,01	0,5	10,0	24
II	%	67,33	8,55	48,0	81,5	24
I	%	28,10	7,31	16,5	44,5	24
humusgehalte	%	0,76	0,64	0,00	2,60	31
kalkgehalte	%	6,53	1,32	4,00	9,20	31
$W_l$	%	82,10	12,18	65,70	107,80	37
$W_l^p$	%	28,16	3,07	18,80	33,90	37
$I_p$	-	53,41	11,69	36,00	77,10	37
$\gamma_n^p$	t/m <sup>3</sup>	1,829	0,04	1,770	1,899	31
$\gamma_d$	t/m <sup>3</sup>	1,339	0,06	1,190	1,430	31
w	%	36,67	2,72	32,9	42,5	31
n	%	48,47	5,87	18,9	55,1	31
v	%	99,09	3,10	93,8	(102,3)	15
k	cm/s	2,24 à	4,99 à	5,75 à	5,7 à	31
		$2,67 \cdot 10^{-8}$	$5,42 \cdot 10^{-8}$	$8,09 \cdot 10^{-11}$	$5,8 \cdot 10^{-8}$	
C	-	21,86	7,15	13	42	19
A	-	80,39	21,43	40	131	17
$c'$	kg/m <sup>2</sup>	0,17	0,07	0,08	0,33	17
c	kg/m <sup>2</sup>	0,06	0,05	0,00	0,18	17
$\phi'$	°	13°22'	2°54'	7°30'	18°30'	17
$\phi$	°	24°12'	2°53'	15°30'	28°00'	17
$\rho_{LN}$ <sup>(5)</sup>	$\Omega m$	5,59	-	3,1	8,8	54
$\rho_{KN}$	$\Omega m$	7,02	-	4,3	13,7	50

(1) De symbolen worden verklaard in tabel 3.12.

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal monsters

(5) Resistiviteiten opgemeten bij de boorgatmetingen uitgevoerd door de Leerstoel Toegepaste Geologie

beschikbaar aantal gegevens in acht genomen wordt deze klei als een pakket aanzien. Wegens het sterk litologisch en sedimentologisch contrast van deze afzetting met het bovenliggend kwartair materiaal is de top van de Yc klei zowel in boringen, grondmechanische sonderingen als geofysische metingen duidelijk te onderscheiden. Deze top vormt een belangrijke hydraulische grens aangezien het Yc als een ondoorlatend substraat kan beschouwd worden die het kwartaire reservoir langs onder begrenst.

In tabel 3.13. zijn een aantal kenmerken van de Yc-afzettingen samengebracht. Op figuur 3.4. zijn de kumulatieve kurven opgenomen; de situering van de onderzochte monsters is aangegeven in fig.3.5.

### 3.4.3. Het Kwartair

De kwartaire afzettingen kunnen naargelang hun overwegende litologische samenstelling ingedeeld worden in een zandcomplex onderaan en een leemcomplex bovenaan. In de boreale vallei dient men nog een klei-veencomplex te onderscheiden.

#### 3.4.3.1. Het Kwartair zandcomplex (KZ)

Op het tertiair substraat rust een kwartair basisgrint. De dikte van dit grint varieert van 0 tot enkele m en hangt nauw samen met het reliëf van het tertiair substraat. Het bestaat overwegend uit grijsgroene afgeronde zandsteenfragmenten, silexbrokkjes en kwartsfragmenten. De vorm en het uitzicht duiden op een vermoedelijk fluviatiel transport vooraleer het grint werd afgezet. De zandsteenfragmenten zijn afkomstig van hoger gelegen tertiaire afzettingen.

Boven dit basisgrint treft men zand aan waarvan de textuur varieert van zeer fijn tot middelmatig. Meestal is het

# KORRELVERDELING

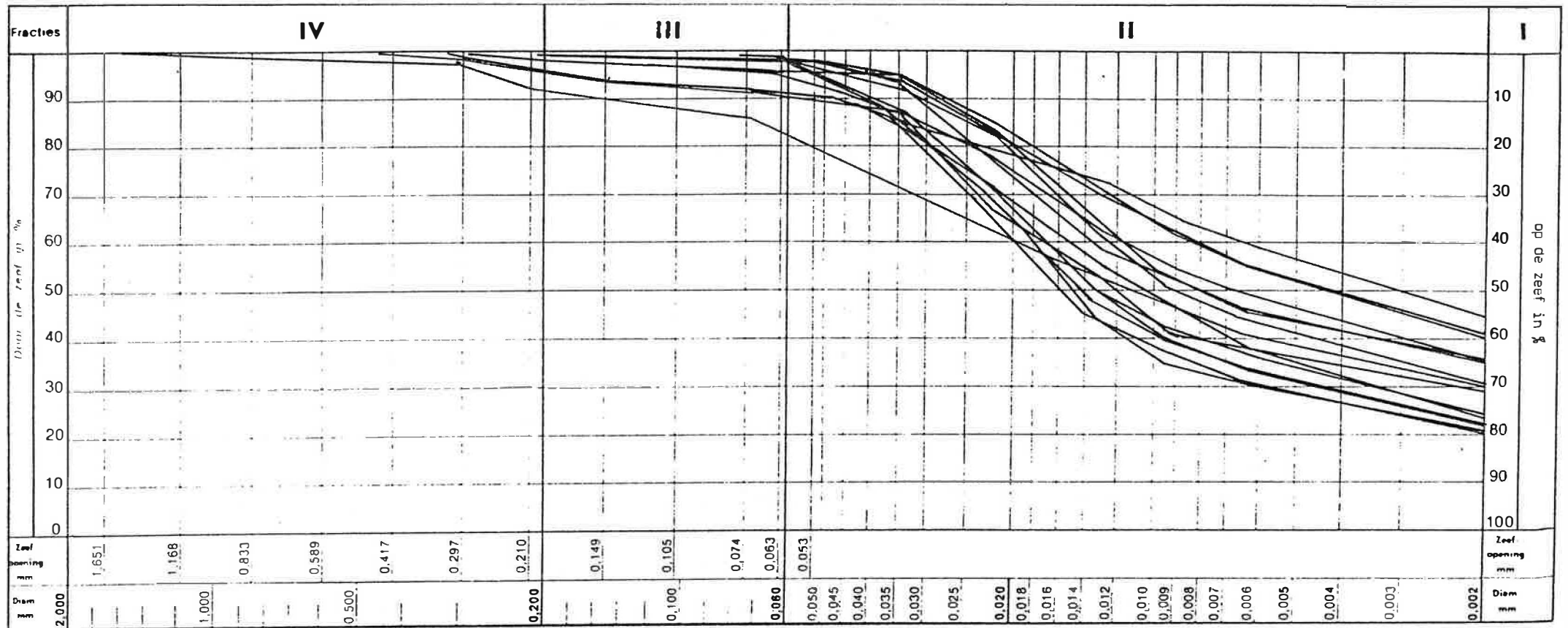
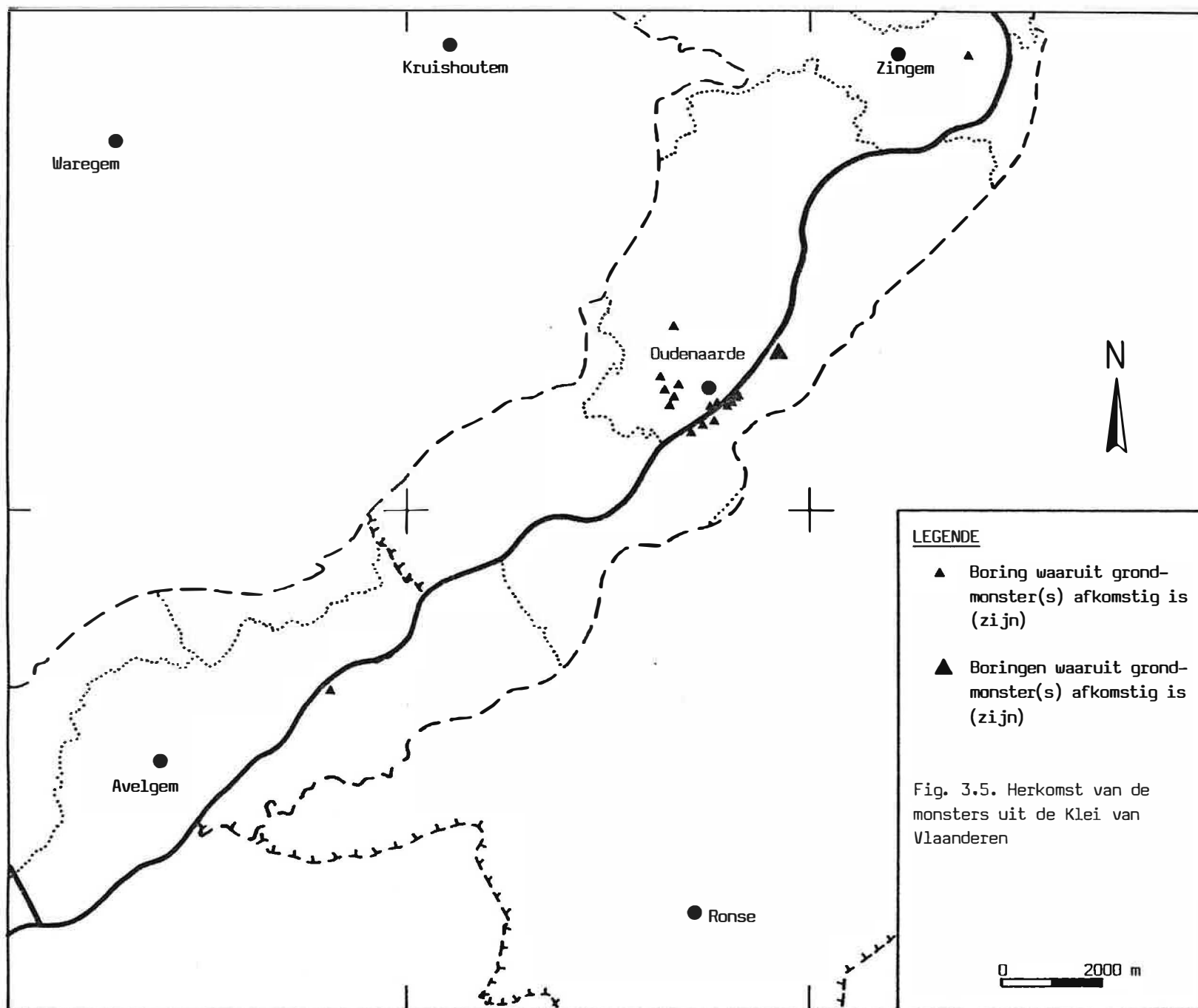


Fig. 3.4. Kumulatieve kurven van monsters uit de Klei van Vlaanderen



een mengeling van verschillende textuurklassen. De kleur varieert van grijs tot grijsgroen. In veel gevallen bevat het een bijmenging van glauconiet en vindt men er verspoelde nummulieten in terug die op een tertiaire oorsprong duiden. Gedurende periodes van sterke erosieënergie kwam dit tertiair zand door afspoeling in de pleistocene erosiegeul terecht. Daar onderging het fluviatiel transport hetgeen het heterogeen karakter van deze afzettingen verklaart. Meermaals komen in deze zanden nog dunne grintniveaus voor. Tevens treft men plaatselijk leemlenzen of venige niveaus aan.

Het Kwartair zandcomplex vormt het waterreservoir in de Scheldevallei. De winningen in het Kwartair aangegeven in kaart 3 onttrekken water in dit zandcomplex.

In tabel 3.14. zijn de kenmerken van het Kwartair zandcomplex opgenomen. Op fig. 3.6. zijn de kumulatieve kurven opgenomen; de situering van de onderzochte monsters is aangegeven op fig. 3.7.

#### 3.4.3.2. Het Kwartair leemcomplex (KL)

Het zandcomplex is bedekt door afzettingen waarvan de textuur varieert van leem tot weinig leemhoudend fijn zand; ze worden Kwartair leemcomplex genoemd. Deze sedimenten zijn hoofdzakelijk afkomstig uit het toenmalig (Boven-Pleistoceen) droogliggend Noordzeebekken. Ze werden aangevoerd door sneeuwstormen gedurende koudere perioden. In latere warmere perioden had nieuwe insnijding plaats en ondergingen gedeelten van het leem fluviatiel transport waarbij vermenging met pleistocene zanden optrad.

Het Kwartair leemcomplex vormt meestal een weinig tot slecht doorlatende laag waardoor het watervoerende zandcomplex een half-artesisch karakter heeft.

In tabel 3.15. zijn de kenmerken van het Kwartair leemcomplex opgenomen. Op fig. 3.8. zijn de kumulatieve kurven aangegeven; de situering van de onderzochte monsters

Tabel 3.14. Kenmerken van het Kwartair zandcomplex

(1) Parameters	Eenheid	(2) $\bar{x}$	(3) s	Min.	Max.	(4) N
V	%	3,10	7,51	0,0	29,5	40
IV	%	58,95	12,97	25,0	86,0	40
III	%	31,25	13,33	5,5	50,5	40
II	%	4,97	6,61	0,0	24,0	16
I	%	2,50	2,93	0,0	8,0	16
humusgehalte	%	0,22	0,18	0,00	0,80	39
kalkgehalte	%	4,22	1,82	1,50	10,60	39
$W_L$	%	18,84	2,34	16,20	22,80	10
$W_P$	%	15,47	2,32	13,2	19,5	6
$I_P$	-	4,17	1,10	3,0	5,6	6
$\gamma_n$	t/m <sup>3</sup>	1,878	-	-	-	1
$\gamma_d$	t/m <sup>3</sup>	1,559	-	-	-	1
$w$	%	20,4	-	-	-	1
$n$	%	41,2	-	-	-	1
$V$	%	77,4	-	-	-	1
$k$	cm/s	9,3 à 4 9,9.10 <sup>-4</sup>	-	-	-	1
$C$	-	126	-	-	-	1
$A$	-	924	-	-	-	1
$c'$	kg/cm <sup>2</sup>	0	-	-	-	1
$c$	kg/cm <sup>2</sup>	0	-	-	-	1
$\phi'$	°	32°	-	-	-	1
$\phi$	°	32°	-	-	-	1
(5) $\rho_{LN}$	$\Omega m$	24,3	-	10,5	39	50
$\rho_{KN}$	$\Omega m$	46,7	-	25	73,5	49

(1) De symbolen worden verklaard in tabel 3.12.

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal monsters

(5) Resistiviteiten opgemeten bij de boorgatmetingen uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie

# KORRELVERDELING

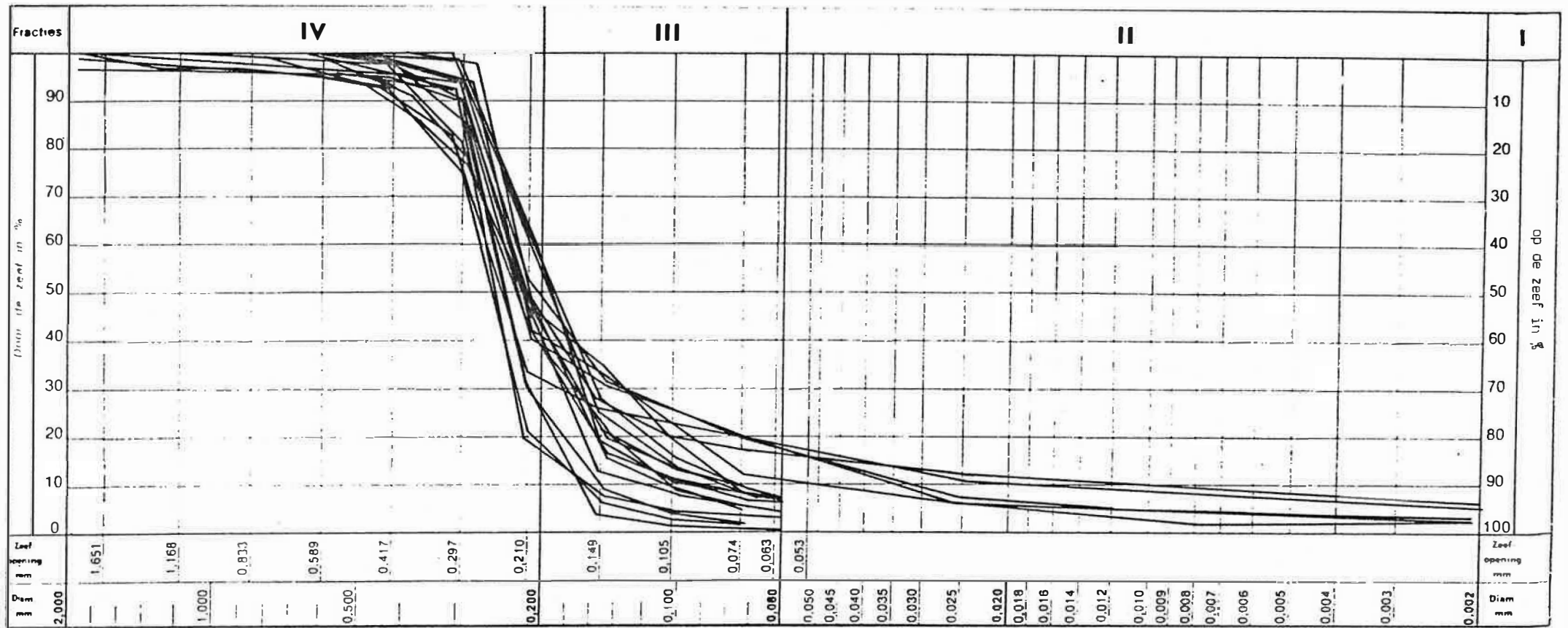
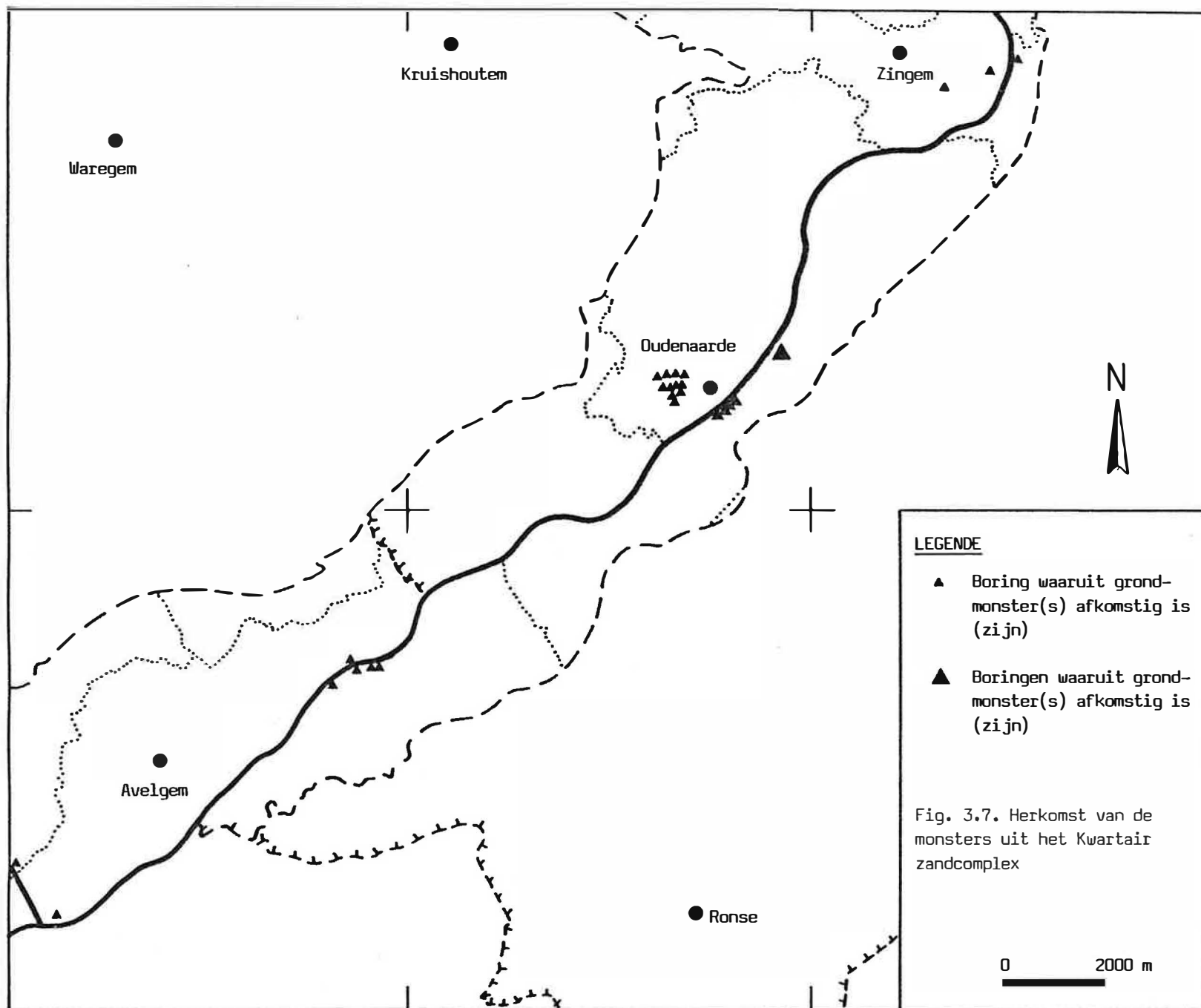


Fig. 3.6. Kumulatieve kurven van monsters uit het Kwartair zandcomplex





Tabel 3.15. Kenmerken van het Kwartair leemcomplex

Parameter <sup>(1)</sup>	Eenheid	$\bar{x}$ <sup>(2)</sup>	s <sup>(3)</sup>	Min.	Max.	N <sup>(4)</sup>
V	%	0,13	0,48	0,0	2,5	42
IV	%	6,55	9,02	0,5	38	42
III	%	39,58	17,37	3,0	67	42
II	%	44,77	19,54	12,0	94,5	41
I	%	10,40	9,20	1,5	60,5	41
humusgehalte	%	0,87	1,38	0,0	6,8	42
kalkgehalte	%	12,68	7,31	0,96	25,1	42
W <sub>l</sub>	%	30,14	8,29	17,0	48,4	41
W <sub>p</sub>	%	20,40	3,02	13,90	28,50	41
I <sub>p</sub>	-	9,74	6,76	0,40	24,3	41
$\gamma_n^p$	t/m <sup>3</sup>	1,896	0,13	1,526	2,072	16
$\gamma_d$	t/m <sup>3</sup>	1,483	0,19	0,918	1,752	16
w	%	29,09	10,95	18,3	66,2	16
n	%	47,16	15,17	33,9	97,2	16
V	%	93,42	5,43	80,3	99,9	14
k	cm/s	1,59 à 1,66.10 <sup>-5</sup>	3,50 à 3,6.10 <sup>-5</sup>	8,1.10 <sup>-10</sup>	1,13.10 <sup>-4</sup>	16
C	-	58	42,88	21	141	6
A	-	457,7	156,0	238	726	6
c'	kg/m <sup>2</sup>	0,03	0,03	0,00	0,08	11
c	kg/m <sup>2</sup>	0,001	0,003	0,00	0,01	10
$\phi'$	°	21°13'	10°26'	7°30'	37°30'	11
$\phi$	°	32°57'	5°14'	24°30'	40°30'	10
(5)						
$\rho_{LN}$	$\Omega m$	17	-	10	23	18
$\rho_{KN}$	$\Omega m$	25	-	12	38	18

(1) De symbolen worden verklaard in tabel 3.12.

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal monsters

(5) Resistiviteiten opgemeten bij de boorgatmetingen uitgevoerd door de Leerstoel Toegepaste Geologie

# KORRELVERDELING

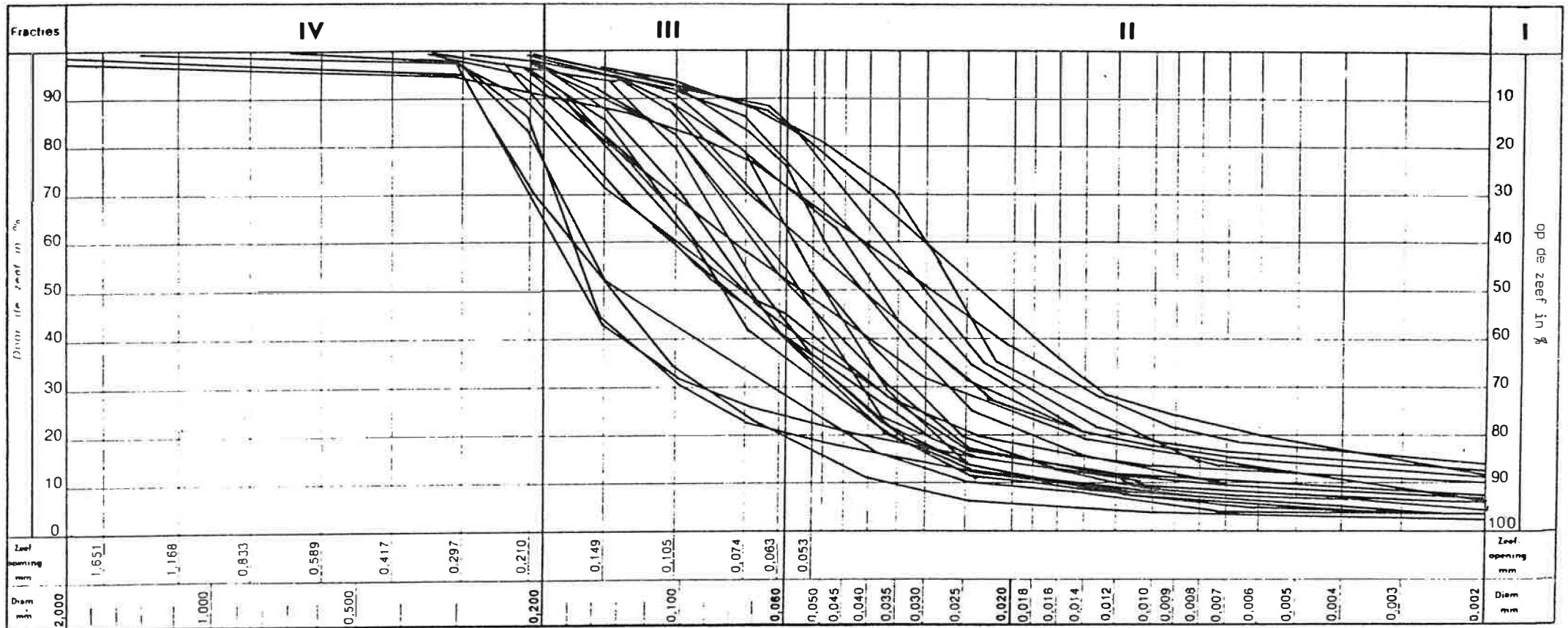


Fig. 3.8. Kumulatieve kurven van monsters uit het Kwartair leemcomplex

is aangeduid op fig. 3.9.

#### 3.4.3.3. Het Kwartair klei-veencomplex

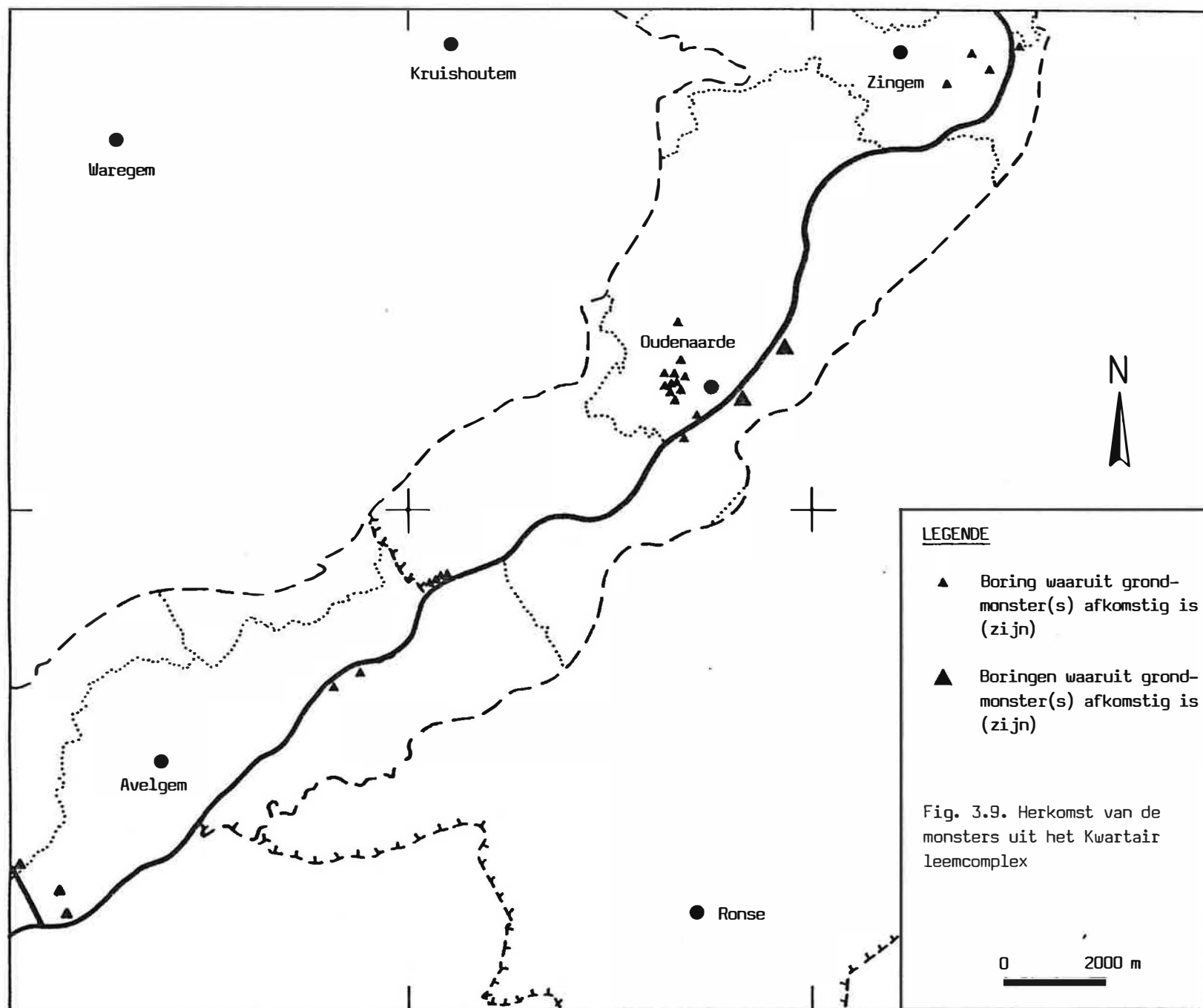
De boreale valleien uitgeschuurd in de pleistocene sedimenten werden tengevolge van de stijging van de zeespiegel opgevuld met terrigeen materiaal : veen en alluviale klei. De veenafzettingen vertonen geen laterale continuïteit. Waar ze voorkomen worden ze steeds door alluviale klei bedekt. Deze klei is een bruingrijze tot grijze plastische klei die duidelijk gegleyifieerd is. Zijn dikte kan lokaal 5 m bedragen. Deze klei wordt in de Scheldevallei nog plaatselijk ontgonnen en dient als grondstof voor de gekende Scheldesteen.

Het Kwartair klei-veencomplex dient als een slecht doorlatend geheel te worden beschouwd.

Aangezien het beperkt aantal gegevens niet toeliet de dikte van dit complex nauwkeurig te bepalen werd het kartografisch samen met het Kwartair leemcomplex als een complex beschouwd (kaart 6). De laterale uitbreiding van de alluviale afzettingen van de Schelde is wel aangegeven op kaart 2.

In tabel 3.16. zijn de kenmerken van het Kwartair klei-veencomplex aangegeven. De kumulatieve kurven zijn op fig. 3.10. samengebracht; de situering van de onderzochte monsters is op fig. 3.11. weergegeven.

De gemiddelde korrelgrootten van de vier verschillende afzettingen zijn uitgezet in een textuurdiagram (fig. 3.12.). De textuurklassen zijn deze die gebruikt worden door het centrum van bodemkartering.



Tabel 3.16. Kenmerken van het Kwartair klei-veencomplex

(1) Parameter	Eenheid	(2) $\bar{x}$	(3) s	Min.	Max.	(4) N
V	%	0,11	0,37	0,0	0,5	33
IV	%	2,56	2,66	0,0	13,5	33
III	%	17,02	14,34	3,0	61,5	33
II	%	49,00	12,64	18,5	68,0	33
I	%	31,20	11,53	15,0	55,0	33
humusgehalte	%	9,82	14,58	0,10	53,30	35
kalkgehalte	%	7,96	5,29	1,60	19,40	35
$W_L$	%	104,80	73,27	28,5	292,0	37
$W_p$	%	46,95	42,26	17,3	158,8	37
$I_p$	-	57,94	36,98	18,0	167,0	37
$\gamma_n$	t/m <sup>3</sup>	1,569	0,243	1,209	1,881	17
$\gamma_d$	t/m <sup>3</sup>	0,974	0,357	0,414	1,465	17
w	%	79,59	56,69	28,4	200,6	17
n	%	61,50	17,25	16,6	85,6	17
v	%	92,72	4,42	85,6	99,8	16
k	cm/s	6,6 à	1,33 à	5,2 à	5,18 à	17
		$6,32 \cdot 10^{-8}$	$1,36 \cdot 10^{-7}$	$6,8 \cdot 10^{-10}$	$5,33 \cdot 10^{-7}$	17
C	-	13,96	3,57	9,7	20,0	7
A	-	146,8	68,35	76	237	5
c'	kg/cm <sup>2</sup>	0,08	0,05	0,03	0,16	7
c	kg/cm <sup>2</sup>	0,01	0,02	0,00	0,06	7
$\phi'$	°	10°34'	4°51'	6°30'	20°30'	7
$\phi$	°	25°08'	2°10'	21°00'	27°30'	7

(1) De symbolen worden verklaard in tabel 3.12.

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal monsters

# KORRELVERDELING

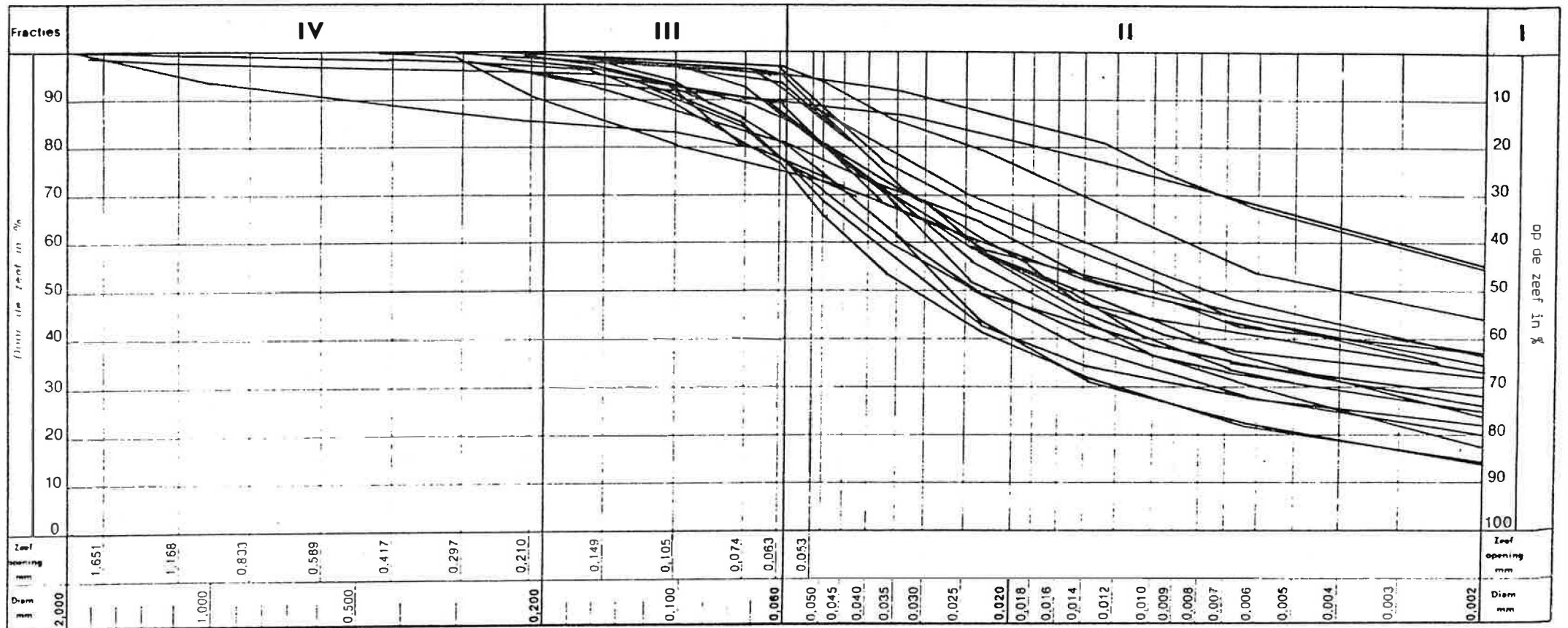
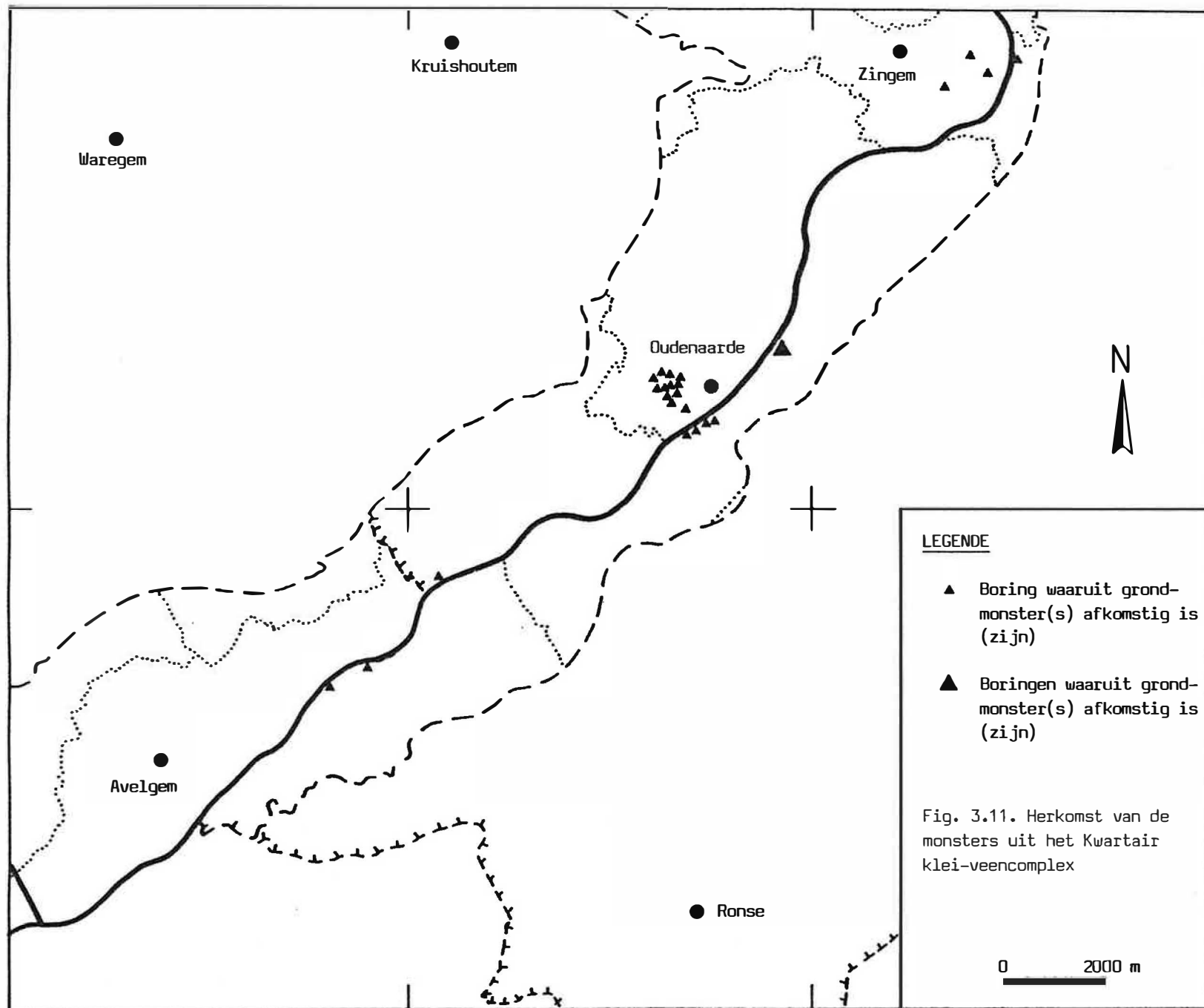


Fig. 3.10. Kumulatieve kurven van monsters uit het Kwartair klei-veencomplex





# TEXTUURKLASSEN

CV.B. november 1954

- U Zwarte klei
- E Klei
- A Leem
- L Zandleem
- P Licht zandleem
- S Lemig zand
- Z Zand

- Yc : Klei van Vlaanderen
- KZ : Kwartair zandcomplex
- KL : Kwartair leemcomplex
- KK : Kwartair klei-veencomplex

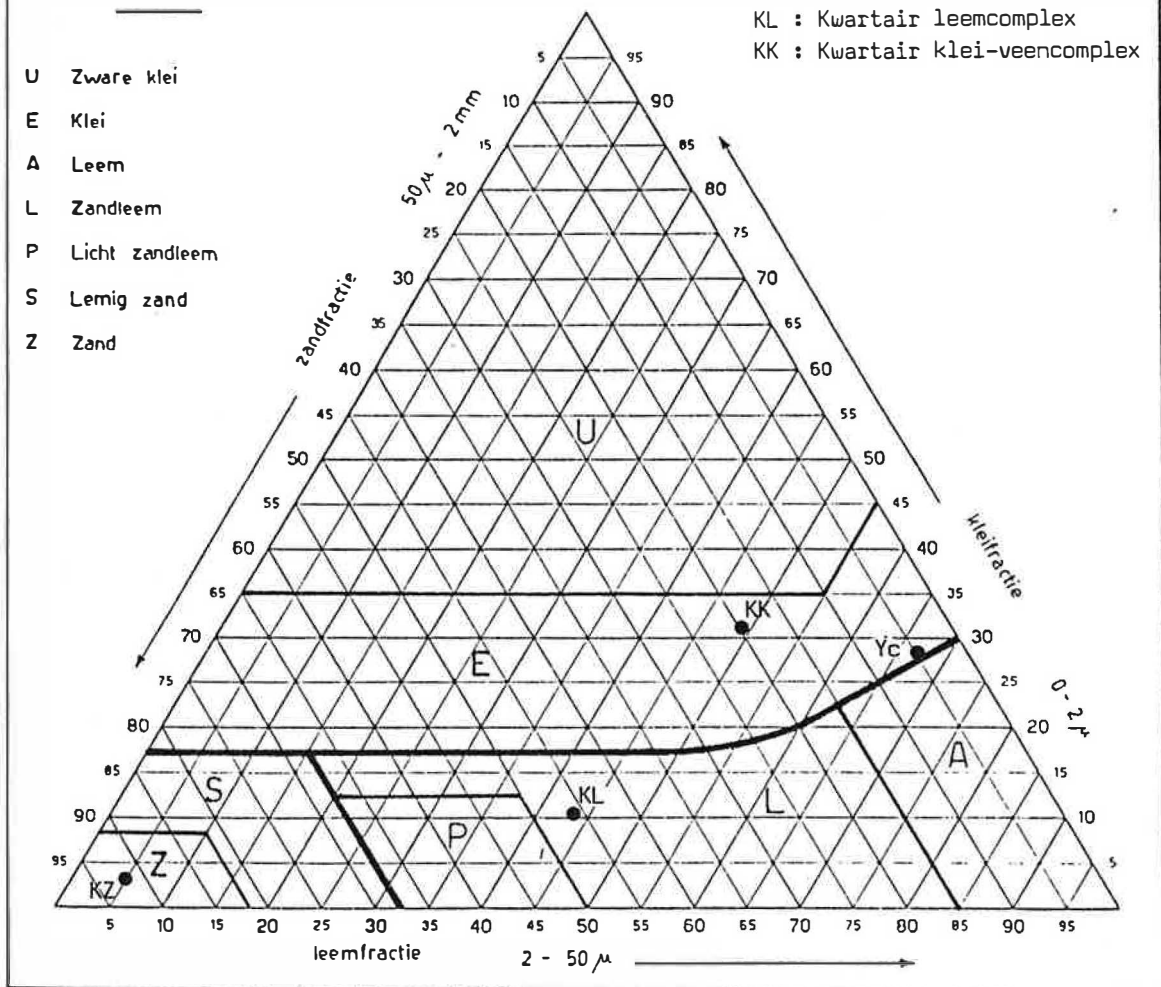


Fig. 3.12. Gemiddelde korrelgrootten van de verschillende gekarteerde complexen

### 3.4.4. Kartografische voorstelling - bespreking

#### 3.4.4.1. Inleiding

Kaarten 4 tot en met 6 verklaren de hydrologische opbouw van het Kwartair reservoir. Door middel van een welbepaalde symboliek

- een streep puntlijn voor punten waar een bepaald grensvlak op hetzelfde peil voorkomt
- een volle lijn voor punten waar een bepaalde afzetting of complex eenzelfde dikte heeft

worden achtereenvolgens voorgesteld :

op kaart 4 : de basis en dikte van het Kwartair

op kaart 5 : de basis en dikte van het Kwartair-zandcomplex

op kaart 6 : de basis en dikte van het Kwartair-leemcomplex.

Het kwartair klei-veencomplex (zie 3.4.3.3.)

wordt tot dit leemcomplex gerekend.

De puntgegevens gebruikt voor de kartering zijn telkens (zonder de aard ervan te specificeren) op de desbetreffende kaart vermeld.

#### 3.4.4.2. KAART 4 - Basis en dikte van het Kwartair

De uitschuring van de kwartaire erosiegeul gebeurde in het zuiden van het studiegebied tot op het peil ca. - 10 (ten W en NW van Avelgem) en tot ca. - 12,5 in het Oudenaardse. Het erosieoppervlak (top Tertiair = basis Kwartair) heeft een onregelmatig verloop hetgeen vooral daar waar de gegevensdichtheid hoog is, opvalt. De diepst uitgesuurde delen liggen voornamelijk ten NW van het huidige Scheldetracé en, opvallend hierbij is de diepe uitloper in de richting Heestert-Otegem (ten NW van Avelgem). Het Kwartair bereikt dikten van meer dan 35 m ten NW van Petegem, Oudenaarde, Eine en Avelgem.

Uit het diktepatroon van de kwartaire afzettingen is af te leiden dat de begrenzing van de Scheldevallei langs de linkeroever van de Schelde (cf. 1.3.2. 10 m diktlijn) met de beschikbare gegevens niet is vast te leggen.

#### 3.4.4.3. KAART 5 - Basis en dikte van het Kwartair zandcomplex

De basis van het Kwartair zandcomplex (= top Tertiair) werd besproken in 3.4.4.1. De dikte van dit complex varieert in het studiegebied tussen 0 en 30 m. De voornaamste uitbreiding ervan is gesitueerd ten NW van Avelgem-Waarmaarde (meer dan 20 m dik) en ten NW van de gemeente Petegem (tot meer dan 25 m dik). Vermeldenswaard is dat belangrijke diktes van het volledige Kwartair niet noodzakelijk belangrijke diktes van het Kwartair zandcomplex inhouden (zie b.v. de zones ten NW van Oudenaarde en Eine en ook 3.4.4.3.). Ten zuiden van de gemeente Mullem is het zandcomplex onbelangrijk.

#### 3.4.4.4. KAART 6 - Basis en dikte van het Kwartair leemcomplex

Het gekarteerde Kwartair leemcomplex bevat ook het afzonderlijk besproken klei-veencomplex (alluviale afzettingen - zie 3.4.3.3.). De basis ervan (= top Kwartair zandcomplex) ligt ten westen van Zingem dieper dan - 5. Het complex is het dikst ten NW van Oudenaarde en Heurne (meer dan 25 m).

#### 3.4.4.5. PLATEN 1 tot en met 4 - Geologische doorsneden

Ter illustratie en verduidelijking van de litologische opbouw en de geometrie van de kwartaire afzettingen werden 12 doorsneden opgesteld loodrecht op de as van de Scheldevallei. De ligging van deze doorsneden is aangegeven op kaart 1 - Dokumentatie. Ze werden getekend steunend op de boringen (met boorgatmetingen) uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie, aangevuld met enkele puntgegevens van het Rijksinstituut voor Grondmechanica en de Belgische Geologische Dienst. De grenzen tussen het Kwartair leemcomplex en het Kwartair zandcomplex alsook de top van het tertiair substraat zijn indien mogelijk aangegeven. Om de ligging te verduidelijken zijn op de doorsneden tevens vermeld :

- de gemeentegrenzen en de gemeenten
- de nummers en/of benaming van wegen en spoorwegen
- het dwarsprofiel van de Schelde.

### 3.4.5. Hydraulische kenmerken van het Kwartair reservoir

#### 3.4.5.1. Inleiding

In tabellen 3.13 tot en met 3.16 zijn enkele hydraulische kenmerken gegeven van de kwartaire sedimenten en het tertiair substraat. Het betreft bepalingen op onge-roerde monsters. De uitvoering van twee pompproeven (zie 2.2.7) liet toe de hydraulische parameters in situ te bepalen. De resultaten van de pompproeven worden hier besproken.

#### 3.4.5.2. Hydrolitologie en geometrie van de kwartaire afzettingen

Rustend op een kleisubstraat (de top van de Yc ligt op -9,3 te Welden en -8,7 te Petegem) vertonen de kwartaire afzettingen in beide pompproefsites een litologische opbouw die typerend is voor het alluviale gedeelte van de Scheldevallei. Van onder naar boven onderscheidt men drie eenheden\* die in beide sites eenzelfde hydrolitologisch karakter hebben :

- een zandige eenheid
- een lemige eenheid
- een kleiïge eenheid

De zandige eenheid bestaat uit fijn tot grof zand met grinthoudende niveaus (hoofdzakelijk betreft het hier silexkeien, silexbrokjes en zandsteenbrokjes) waarin leemlenzen (b.v. Welden) en/of veenlaagjes kunnen voorkomen. In deze

\* de benaming eenheid werd hier verkozen boven complex aangezien de litologie ter plaatse van de pompproefsite goed gekend is.

eenheid worden ook plantenresten, zoetwaterschelpen, gerolde nummulieten en *Corbicula Fluminalis* aangetroffen. Deze eenheid is 11,2 m dik te Welden en 13,5 m te Petegem.

De lemige eenheid bestaat uit een afwisseling van laagjes leem die veenhoudend kunnen zijn, zandhoudende leem of leemhoudend zand. De laterale overgangen in deze eenheid zijn vrij subtiel. De dikte bedraagt 5,9 m te Welden en 4,2 m te Petegem.

De kleiïge eenheid bestaat uit alluviale klei die plaatselijk sterk veenhoudend kan zijn. De dikte ervan bedraagt 1,8 m te Welden en 1,3 m te Petegem.

De litologische opbouw is schematisch weergegeven in fig. 3.13.

#### 3.4.5.3. Interpretatie van de pompproefgegevens

##### 3.4.5.3.1. Correcties op de gemeten waarden

De stijghoogte in de bemalen watervoerende zandige eenheid werd in een referentieput, gelegen buiten de invloedszone van de pumping (SB12 voor pompproef I en SB35 voor pompproef II) geregistreerd vóór, tijdens en na de proef. Uit deze metingen bleek dat stijghoogteveranderingen te wijten aan externe factoren (voeding door neerslag, invloed van de Schelde) verwaarloosbaar waren. Gedurende de pompproeven werden zowel in SB12 als in SB35 schommelingen gemeten die kleiner waren dan 0,015 m.

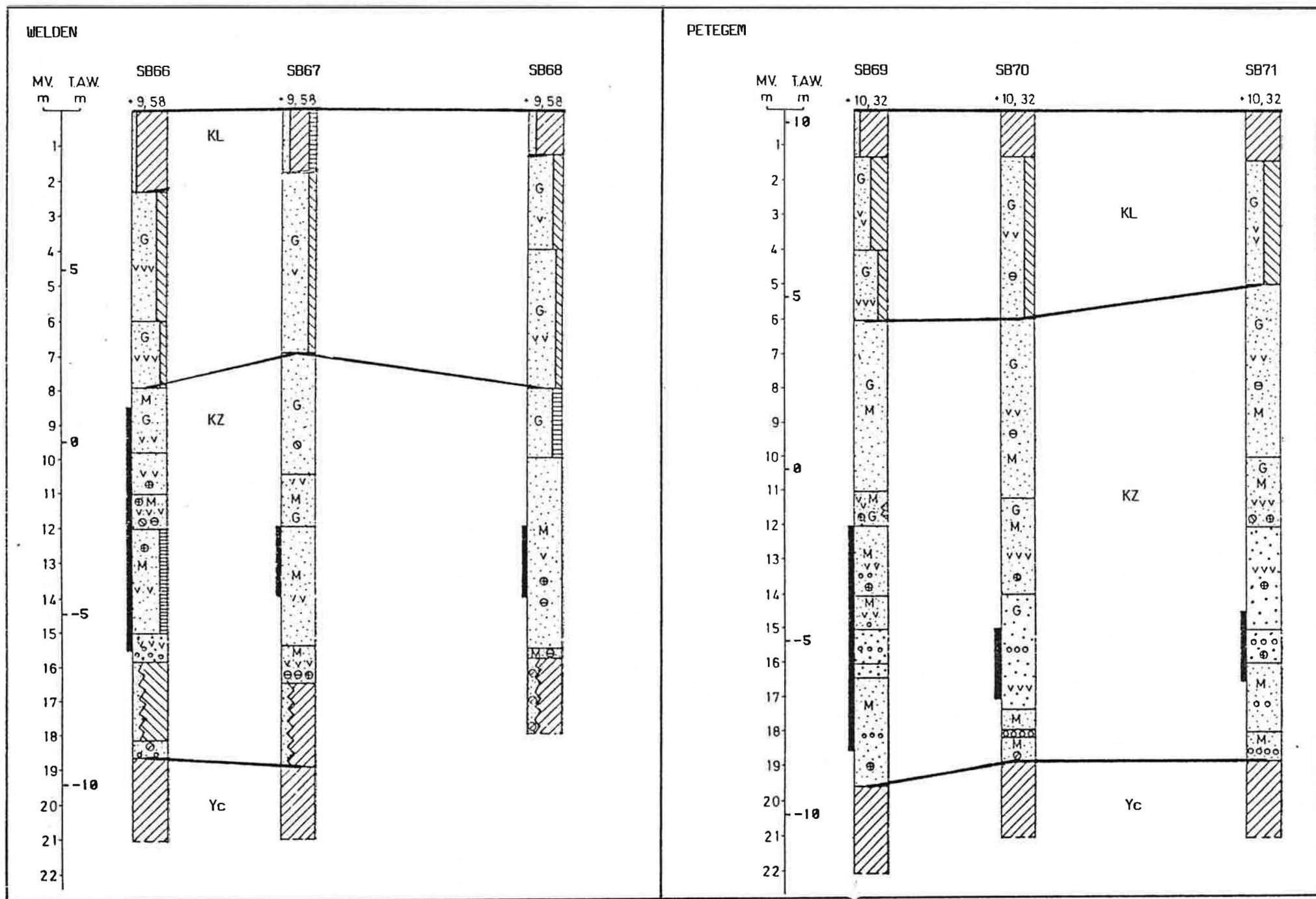


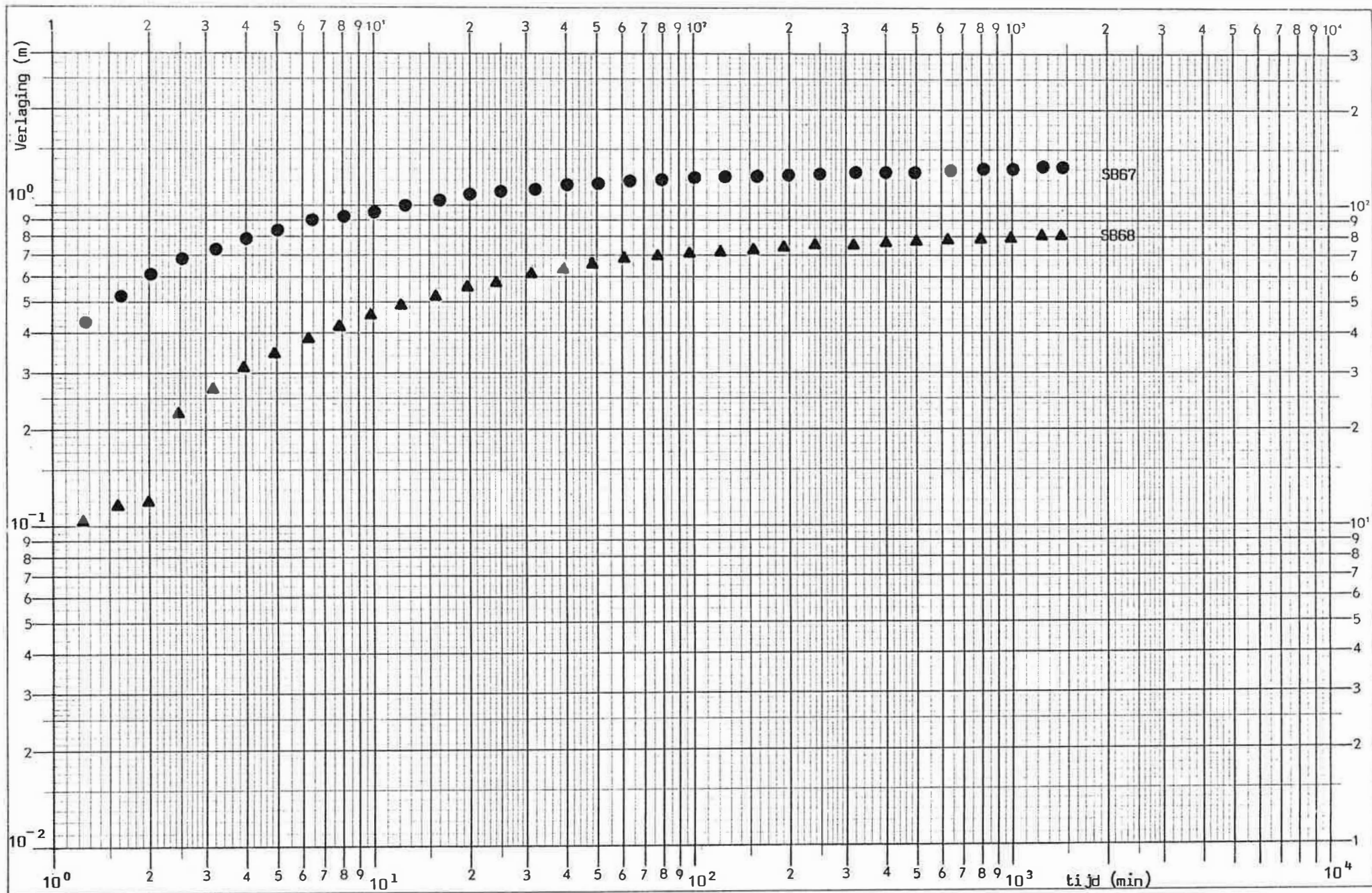
Fig. 3.13. Litologische opbouw in beide pompproefsites

#### 3.4.5.3.2. Grafische bepaling van de hydraulische parameters

Uit de litologische opbouw van de kwartaire sedimenten (zie 3.4.5.2.) leidt men af dat de aangepompte goed doorlatende afzettingen (de zandige eenheid boven de Yc-klei) in beide gevallen kunnen beschouwd worden als een half-artesische watervoerende laag. De minder- en slecht doorlatende lagen die deze afdekken zijn samengesteld uit de lemige- en de kleiïge eenheden. De Yc-klei die het reservoir onderaan begrensd wordt als ondoorlatend beschouwd.

Voor beide pompproeven werden tijdens de pumping de hydraulische parameters bepaald volgens meerdere grafische interpretatiemethodes voor niet-permanente stromingstoestand in half-artesische lagen, met name de methoden van WALTON (fig. 3.14 en 3.18), deze van HANTUSCH I (fig. 3.15 en 3.19) en deze van DE GLEE (fig. 3.16 en fig. 3.20.) De gegevens van de stijging, na het stilleggen van de pomp, werden geïnterpreteerd volgens de methode van de restverlaging van THEIS (fig. 3.17 en 3.21). Voor de uiteenzetting van deze methodes wordt verwezen naar het werk van KRUSEMAN en DE RIDDER (1976) "Analysis and evaluation of pumping test data". De bekomen parameters zijn samengevat in tabel 3.17 (WELDEN) EN 3.18 (PETEGEM).





X-as log. verdeeld 1-10<sup>4</sup> Y-as log. verdeeld 1-300 Eenheid 62,5 mm.

Fig. 3.14. Verlagingen tijdens de pompproef te WELDEN. Interpretatiemethode van WALTON

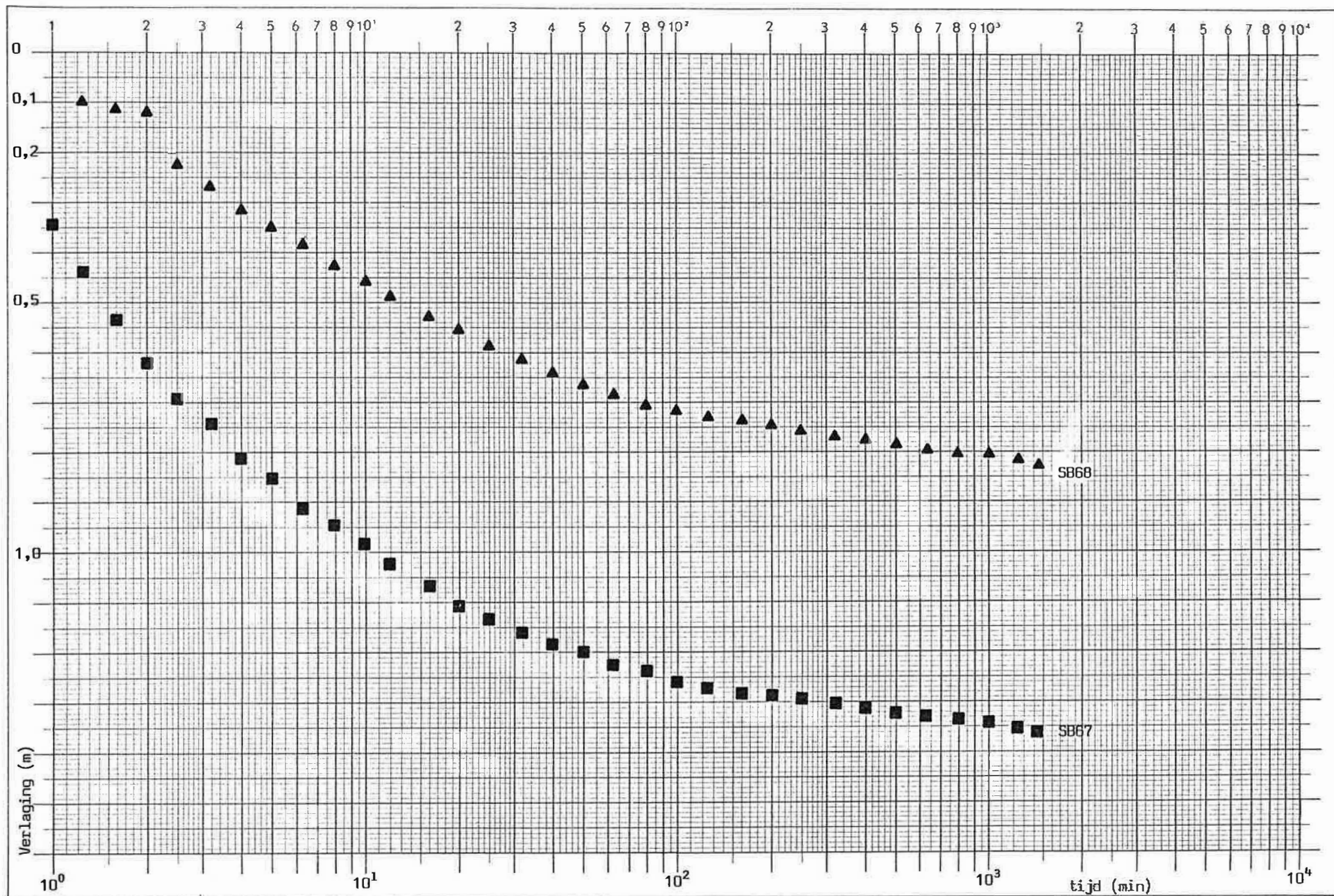


Fig. 3.15. Verlagingen tijdens de pompproef te WELDEN  
Interpretatiemethode van HANTUSH I

X-as log. verdeeld  $1 \cdot 10^4$  Eenheid 62,5 mm. Y-as verdeeld in mm.



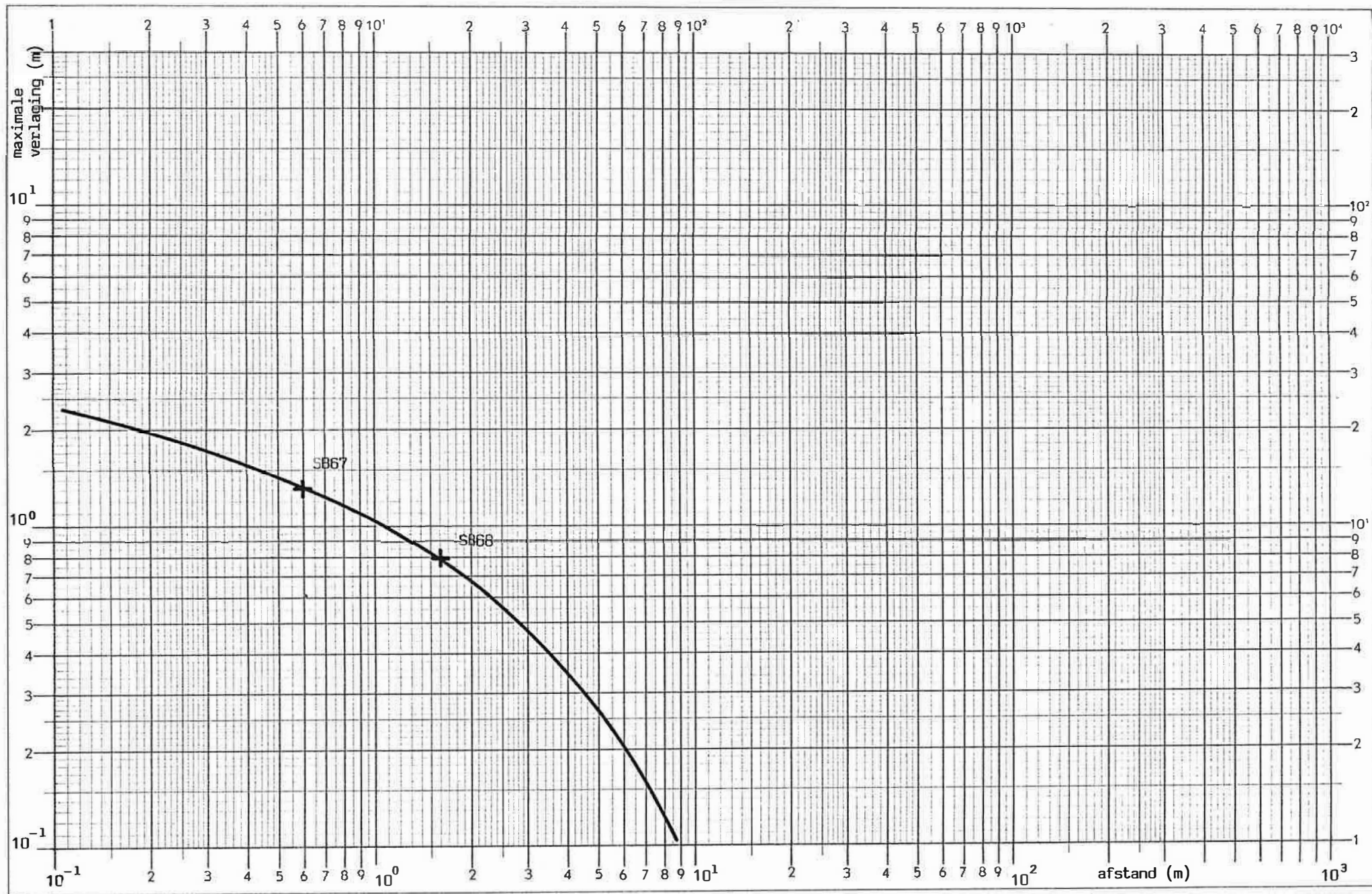


Fig. 3.16. Maximale verlagingen tijdens de pompproef te WELDEN. Interpretatiemethode van DE GLEE

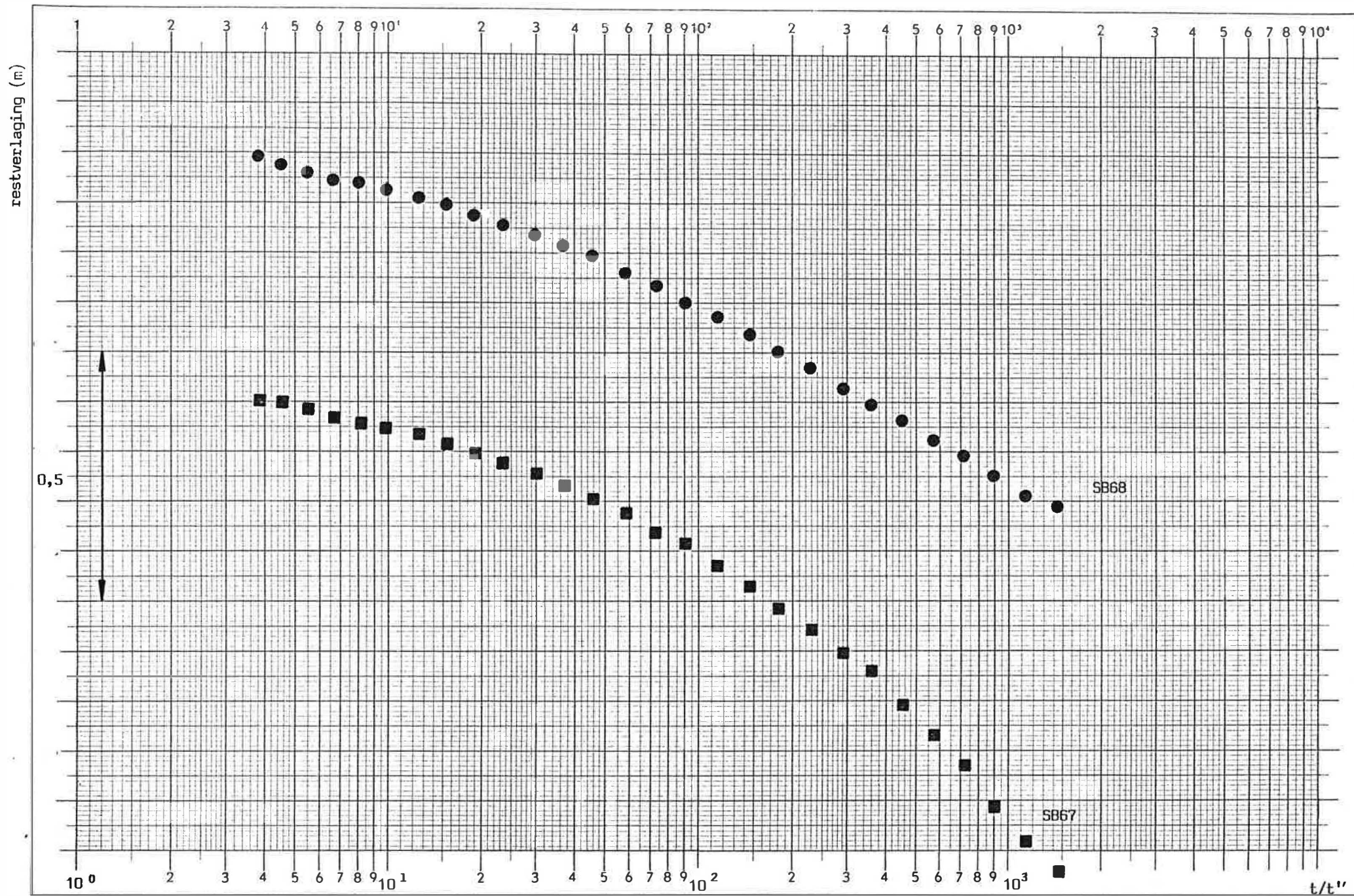


Fig. 3.17. Restverlaging na de pompproef te WELDEN. Interpretatiemethode van THEIS



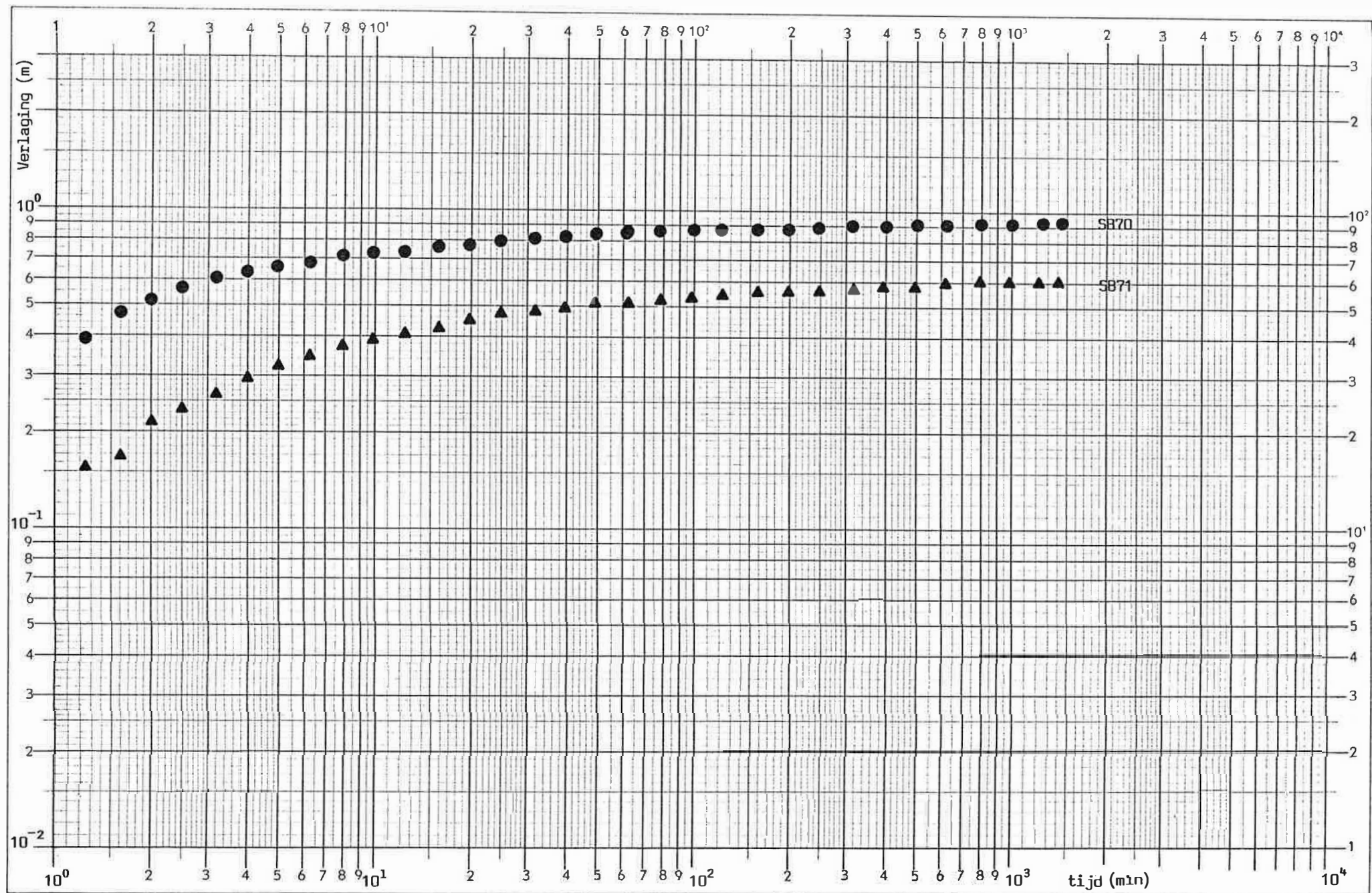


Fig. 3.18. Verlagingen tijdens de pompproef te PETEGEM. Interpretatiemethode van WALTON  
 X-as log. verdeeld  $1 \cdot 10^4$  Y-as log. verdeeld 1-300 Eenheid 62,5 mm

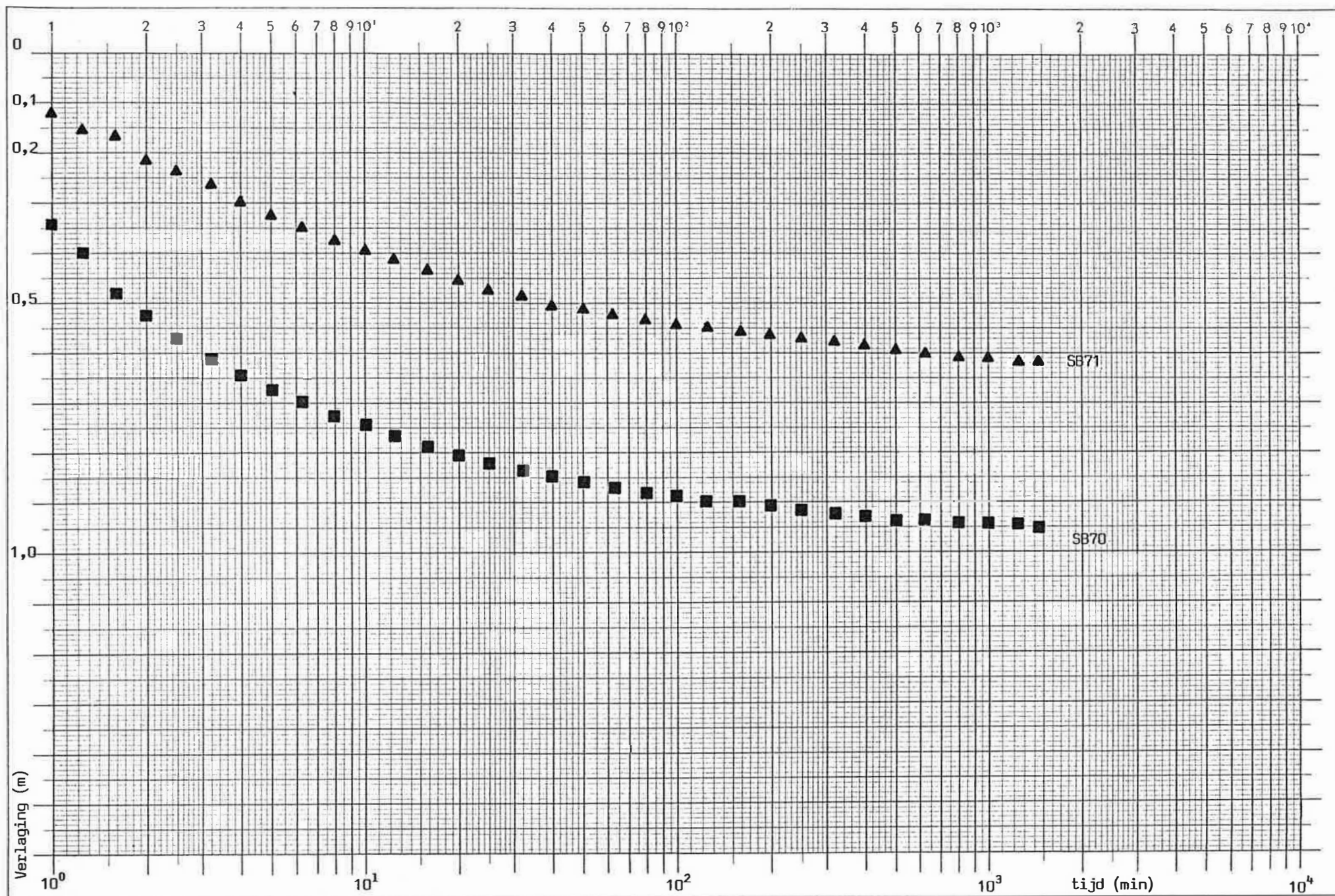


Fig. 3.19. Verlagingen tijdens de pompproef te PETEGEM  
Interpretatiemethode van HANTUSH I

X-as log. verdeeld  $1 \cdot 10^4$  Eenheid 62.5 mm. Y-as verdeeld in mm.



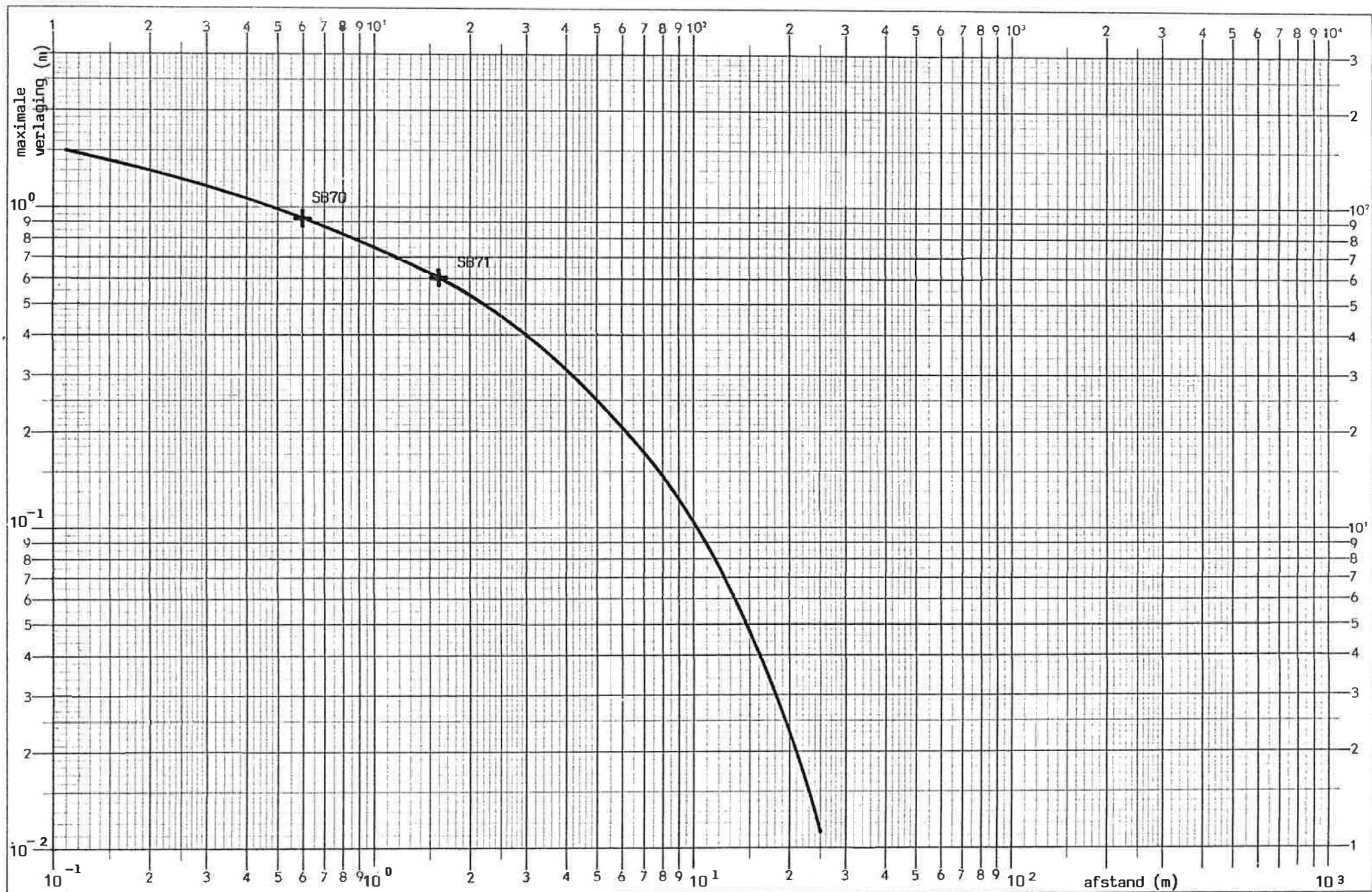


Fig. 3.20. Maximale verlagingen tijdens de pompproef te PETEGEM. Interpretatiemethode van DE GLEE

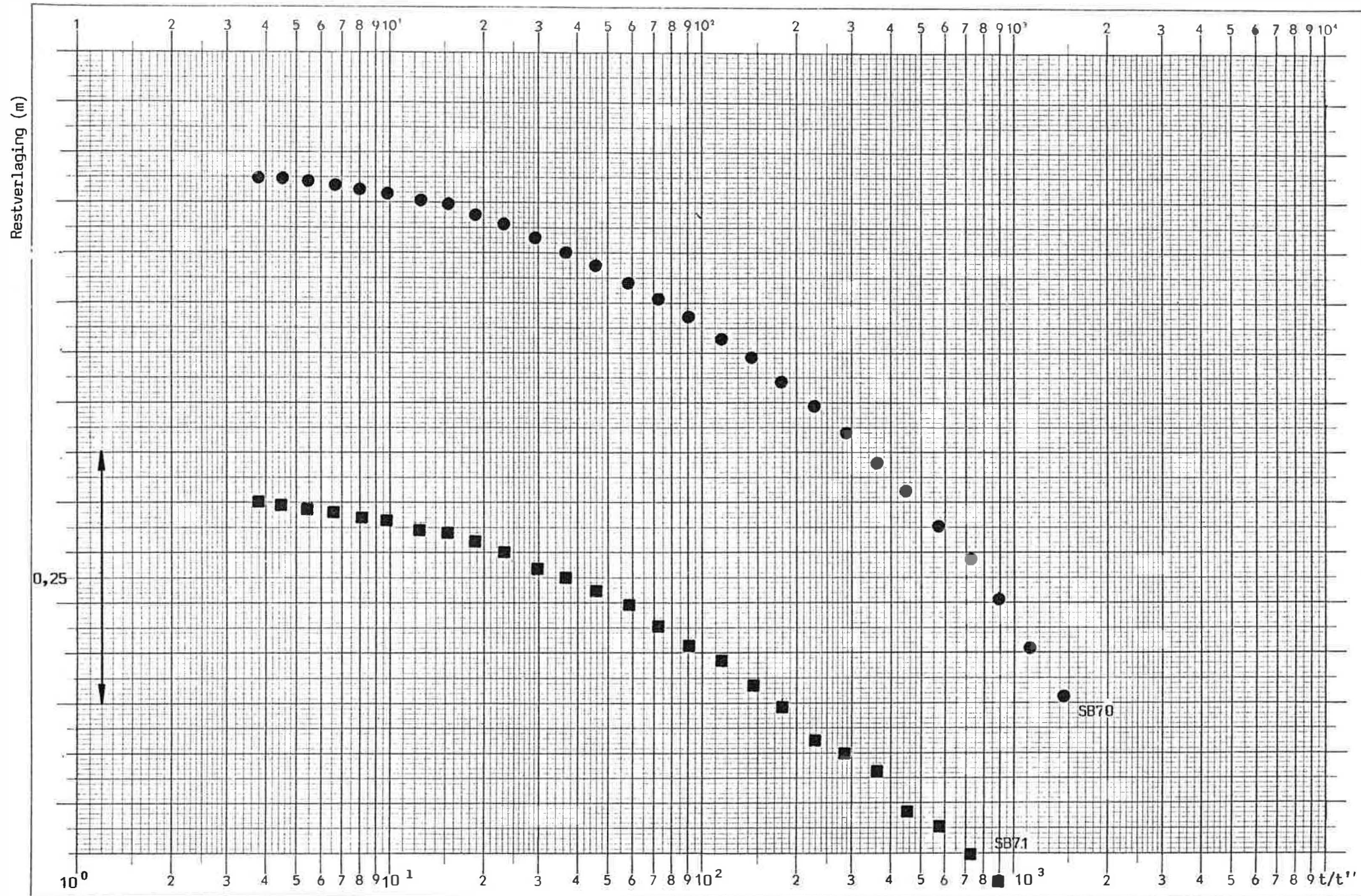


Fig. 3.21. Restverlaging na de pompproef te PETEGEM.<sup>12</sup>  
Interpretatiemethode van THEIS



Peilput (nr) en afstand tot pompput (m)	WALTON				HANTUSH I				DE GLEE		THEIS
	kD(m <sup>2</sup> /d)	L(m)	c(d)	S(.10 <sup>-4</sup> )	kD(m <sup>2</sup> /d)	L(m)	c(d)	S(.10 <sup>-4</sup> )	kD(m <sup>2</sup> /d)	c(d)	kD(m <sup>2</sup> /d)
SB66 (r = 0,09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132,4
SB67 (r = 6,0)	62,6	60	57,5	4,6	49,0	44,4	40,3	6,1	57,5	52,5	151,7
SB68 (r = 16,0)	79,2	80	80,8	4,7	95,3	182,9	351	3,5			114,5

Tabel 3.17. Hydraulische parameters afgeleid via verschillende grafische interpretatiemethodes voor de pompproef te WELDEN

Peilput (nr) en afstand tot pompput (m)	WALTON				HANTUSH I				DE GLEE		THEIS
	kD(m <sup>2</sup> /d)	L(m)	c(d)	S(.10 <sup>-4</sup> )	kD(m <sup>2</sup> /d)	L(m)	c(d)	S(.10 <sup>-4</sup> )	kD(m <sup>2</sup> /d)	c(d)	kD(m <sup>2</sup> /d)
SB69 (r = 0,09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	169,5
SB70 (r = 6,0)	108,0	60	33,3	4,0	74,9	34,9	16,2	7,7	116,6	62,0	172,8
SB71 (r = 16,0)	129,1	80	49,6	4,3	155,8	191,4	235,1	3,25			214,9

Tabel 3.18. Hydraulische parameters afgeleid via verschillende grafische interpretatiemethodes voor de pompproef te PETEGEM

De waarden van de hydraulische parameters bekomen via de grafische interpretatiemethodes variëren sterk. Dit is voornamelijk te wijten aan vereenvoudigingen die in deze methodes worden aangewend. Gevolgen hiervan zijn b.v.

- de hoge transmissiviteitswaarden die worden berekend bij peilputten die verder van de pompput gelegen zijn
- de hoge transmissiviteitswaarden volgens de restverlagingmethode van THEIS
- de berekende hydraulische weerstand is de resultante van de c-waarden van de halfdoorlatende lagen die de aangepompte laag begrenzen.

Tevens is het bepalen van de hydraulische weerstand voor peilputten op korte afstand van de pompput volgens de methode van WALTON niet steeds eenduidig wegens de moeilijkheid de best passende standaarkurve te kiezen voor kleine  $r/L$  waarden.

#### 3.4.5.3.3. Bepaling van de hydraulische parameters met behulp van een mathematisch model

Onnauwkeurigheden te wijten aan de tekortkomingen die inherent zijn aan de grafische interpretatiemethodes treden niet op wanneer men het volledig reservoir nabij de pompput en de grondwaterstromingen die erin heersen nabootst met een mathematisch model (L. LEBBE, 1983). Het door deze auteur opgestelde model "SIMPUM" is tweedimensionaal en axiaal-symmetrisch. Vertikaal wordt het reservoir ingedeeld in een aantal lagen, die worden gekozen naargelang zijn hydrogeologische bouw. Verder wordt het reservoir verdeeld in een reeks ringen, concentrisch omheen de pompput aangebracht. De stralen van deze ringen laat men logaritmisch toene-

men. Zo bekomt men een schikking van elementaire cellen waarvan de positie kan worden weergegeven d.m.v. de ring en de laag waartoe de cel behoort. De verste ring wordt op zodanig grote afstand van de pompput gebracht, dat er zeker geen verlaging meer zal optreden en de stijghoogte dus vast kan worden gehouden in die tijd.

Aan iedere laag wordt een waarde voor de dikte ( $D$ ), de horizontale hydraulische doorlatendheid ( $k$ ) en de specifieke elastische berging ( $S'_A$ ) toegekend. Tussen iedere laag in dient een waarde voor de hydraulische weerstand ( $c$ ) te worden ingevoerd. Voor iedere ring (d.w.z. op logaritmisch toenemende afstanden tot de pompput) berekent het model de evolutie van de verlagingen in de tijd. De berekeningen gebeuren door de eindigverschilmethode toe te passen op de wet van DARCY en de continuïteitswet. Het bekomen stelsel van differentiaalvergelijkingen wordt opgelost met een iteratief proces.

De berekende en de waargenomen tijd-verlagingskurven en afstand-verlagingskurven worden vergeleken. De ingevoerde hydraulische parameters moeten worden aangepast tot een voldoende overeenkomst is bereikt tussen de berekende en de waargenomen waarden. Een belangrijke hulp hierbij is het rekenprogramma SENPUM (L. LEBBE, 1985), dat toelaat de berekende verlagingen te onderwerpen aan een gevoeligheidsanalyse. Aldus wordt aangegeven hoe de verlagingen zullen antwoorden op de aanpassing van een bepaalde parameter met een zekere faktor. Het spreekt vanzelf dat de verlaging, gemeten op een bepaalde plaats en een bepaald tijdstip, niet even gevoelig is voor elke ingevoerde parameter en omgekeerd.

Om beide pompproeven te simuleren werd het kwartair reservoir, begrepen tussen het tertiair kleisubstraat en

de watertafel, ingedeeld in drie (L1 tot en met L3) lagen. Deze indeling houdt in eerste instantie rekening met de gegevens bekomen uit de boringen en boorgatmetingen. De situatie te Welden werd enigszins vereenvoudigd door de onderste begrenzing van het reservoir te nemen aan de top van de leem voorkomend boven de tertiaire klei. Laag 1 vormt de watervoerende laag m.n. de zandige eenheid. De lemige eenheid wordt laag 2 en de alluviale kleiïge afzettingen vormen laag 3 (fig. 3.22).

Bij het simuleren kent men hydraulische parameters toe aan de verschillende lagen. Deze werden bekomen uit de resultaten van de klassieke grafische interpretatiemethodes, uit de resultaten van laboproeven op ongeroerde monsters of worden ingeschat steunend op de litologische kennis van het reservoir. Na herhaalde simulaties, steeds met aangepaste (verbeterde) hydraulische parameters en na meerdere gevoeligheidsanalyses wordt de beste overeenkomst tussen de gemeten en de berekende verlagingen bekomen bij invoer van de waarden die opgenomen zijn in tabel 3.19. In fig. 3.22 wordt het eindresultaat van deze simulaties voor beide sites afgebeeld. De berekende verlaging en de gemeten verlaging zijn vergeleken in fig. 3.23 en 3.24.

De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel  $S_0$  bedroeg in beide gevallen 0,0080.

De beste overeenstemming tussen de gemeten en de berekende verlagingen met het stel parameters weergegeven in tabel 3.19 is voorgesteld in fig. 3.23 en 3.24.

Aangezien in de lagen 2 en 3 geen verlagingen gemeten werden konden de waarden bekomen via simulaties niet gecontroleerd worden en zijn deze waarden enkel als richtinggevend te beschouwen.

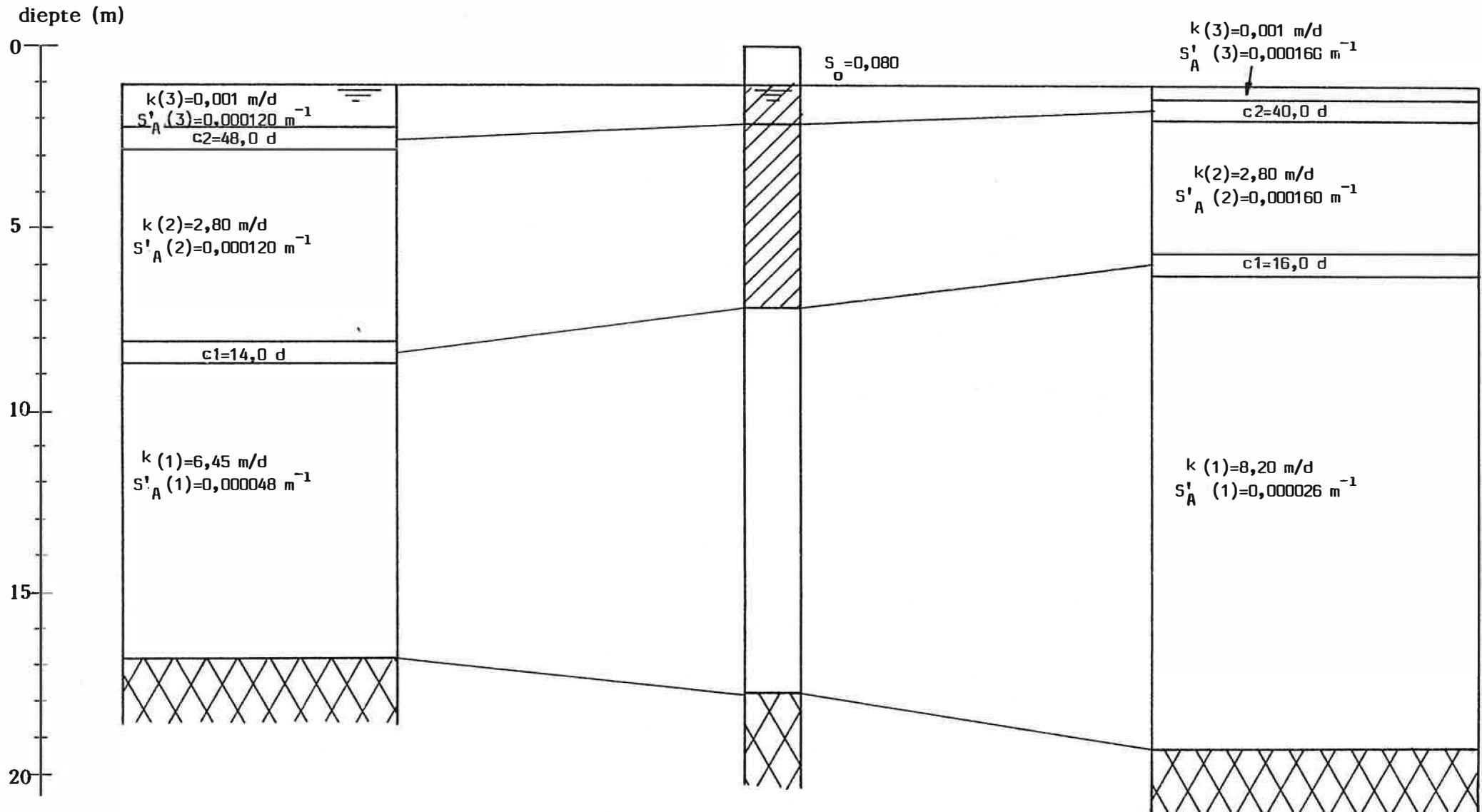
HYDROLITOLOGISCHE BOUW

Fig. 3.22. Eindresultaat van de simulaties in beide pompproefsites

Tabel 3.19. Ingevoerde parameters waarmee de gemeten verlagingen het best benaderd worden.

	WELDEN				PETEGEM			
	Dikte (m)	k (m/d)	$S_A$ ( $m^{-1}$ )	c (d)	Dikte (m)	k (m/d)	$S_A$ ( $m^{-1}$ )	c (d)
L3	1,5	0,001	0,00012	48	0,7	0,001	0,00016	40
L2	5,9	2,8	0,00012	14	4,3	2,8	0,00016	16
L1	8,4	6,45	0,000048		13,4	8,2	0,000026	

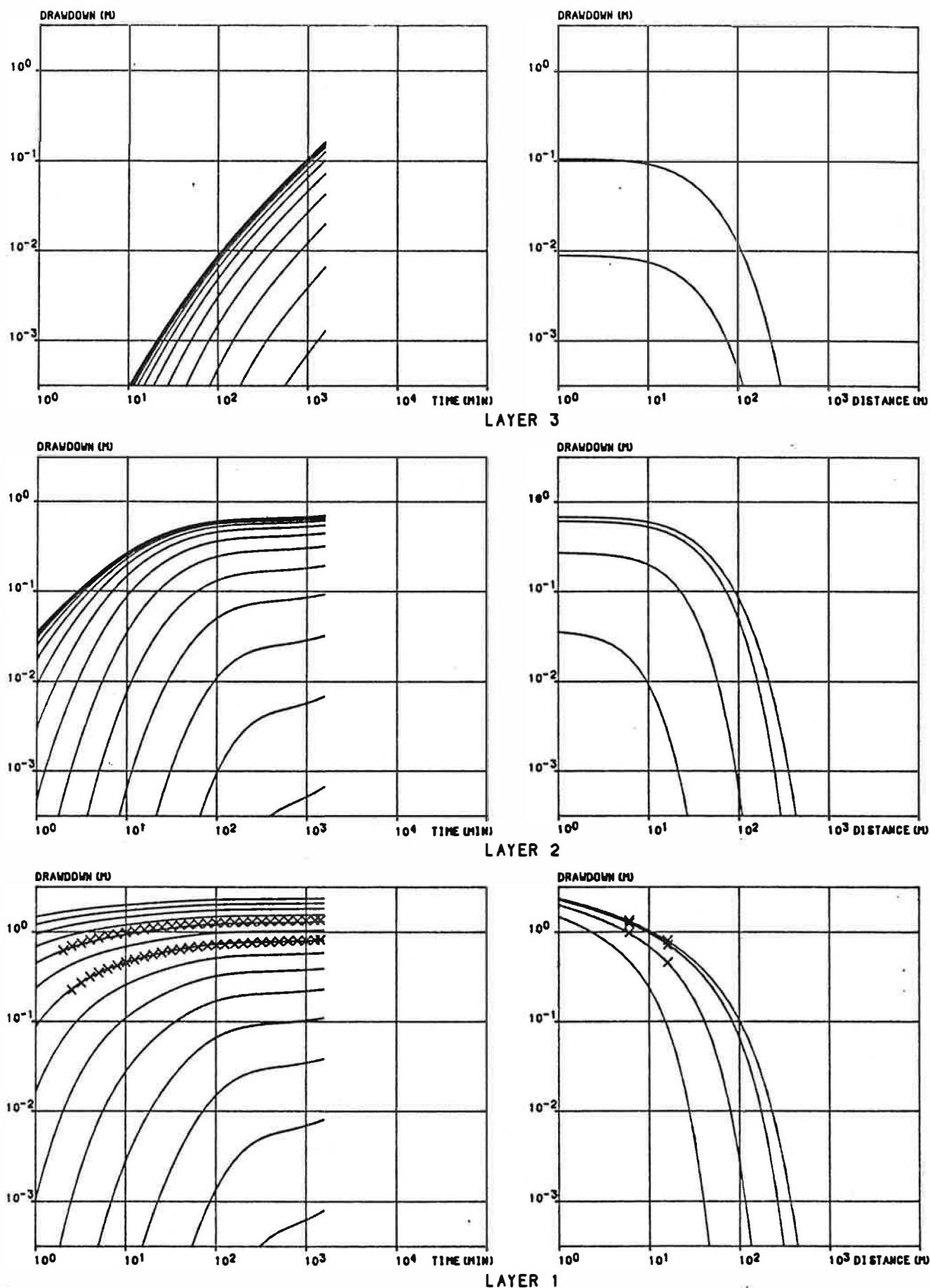


Fig. 3.23. Vergelijking van de berekende verlaging (volle lijnen) met de gemeten verlaging (x) voor de pompproef te WELDEN

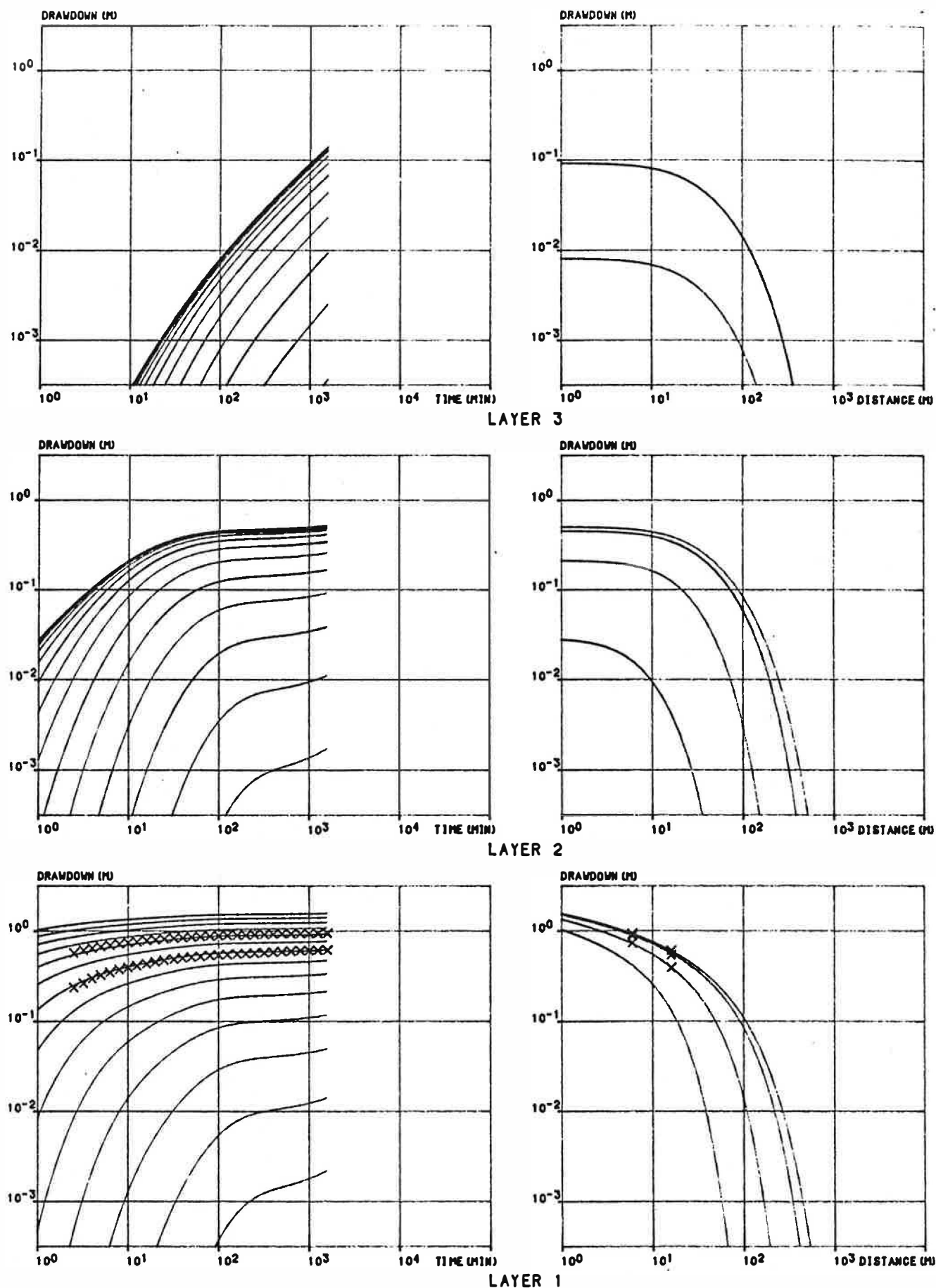


Fig. 3.24. Vergelijking van de berekende verlaging (volle lijnen) met de gemeten verlaging (x) voor de pompproef te PETEGEM



### 3.5. KAARTEN 7 en 8 - Stijghoogte in het Kwartair zandcomplex - resultaten van de peilwaarnemingen

#### 3.5.1. Inleiding

De boringen uitgevoerd in het kader van deze studie werden altijd met een peilbuis uitgerust waarvan het filterelement geplaatst werd in de meest doorlatende zandige zone. Deze bevindt zich vrijwel steeds in de onderste meters van het Kwartair. Gezien het reliëf van het erosievlak in de tertiaire Yc-klei, de complexiteit van de kwartaire litologie en het kleiner aantal beschikbare gegevens is het niet mogelijk de peilwaarnemingen in sommige putten, aan de rand van de Scheldevallei gelegen, te vergelijken met deze in het centrale deel van de vallei (zie kaarten). In dit centrale deel echter is het mogelijk de stijghoogte in het Kwartair zandcomplex te meten.

De resultaten van deze metingen over een periode van 2 jaar (tabel 2.5) zijn verwerkt tot stijghoogtegrafieken (voor alle peilbuizen) en twee kaarten die een momentopname van het stijghoogtepatroon weergeven.

#### 3.5.2. Stijghoogtegrafieken

De stijghoogte in functie van de tijd is voorgesteld voor alle peilbuizen over een periode oktober 1983 - november 1985. Teneinde onderlinge vergelijking mogelijk te maken werden alle kurven van dezelfde tijd- en stijghoogteschaal voorzien.

In de tijd- stijghoogtegrafieken komen de jaarlijkse fluctuaties of seizoenschommelingen duidelijk naar voor. Gedurende de winter komt het grootste deel van de neerslag

de grondwatervoorraad ten goede. De stijghoogten nemen toe en streven naar een evenwicht met de voeding door de neerslag. De verhoogde evapotranspiratie tijdens de zomer zorgt ervoor dat de neerslag grotendeels terugkeert naar de atmosfeer, eventueel na een kort verblijf in de bovenste bodemlaag. Het grondwaterreservoir blijft in deze periode van verdere aanvulling verstoken. Om tegemoet te komen aan de verhoogde evapotranspiratie in het zomerhalfjaar doet de vegetatie in de eerste plaats beroep op het hangwater in de onverzadigde zone. Ligt de grondwatertafel echter ondiep (minder dan ca. 1,5 m) dan grijpt tevens nalevering plaats van grondwater naar de atmosfeer, wat een bijkomend stijghoogteverlies in de freatische laag veroorzaakt.

In nagenoeg alle waarnemingspunten ziet men vanaf oktober 1983 de stijghoogten continu toenemen. Ten gevolge van de zeer natte januarimaand '84 neemt de stijghoogte in februari '84 zeer hoge waarden aan. Nadien volgt een globale stijghoogtedaling die duurt tot en met augustus '84. De zware regenval in september '84 was het begin van de heraanvullingsperiode. Tussen oktober '84 en april '85 blijft de stijghoogte variëren op een relatief hoog niveau, te wijten aan de regenrijke herfst en de strenge winter met veel neerslag. Een piek wordt bereikt in april 1985 waarna een scherpe stijghoogtedaling volgt tot juli 1985. De heraanvullingsperiode verschuift naar november '85 ten gevolge van de droge september- en oktobermaanden '85.

In de periode mei-juni 1984 wordt de algemene dalende trend onderbroken. Dit is te wijten aan de aanhoudende regenval in die periode die een tijdelijk overschot op de grondwaterbalans veroorzaakt zodat de stijghoogte kon toenemen.

Bij sommige peilbuizen b.v. SB21 merkt men t.o.v. de

andere op dat de stijghoogtemaxima en -minima met een duidelijke vertraging optreden. De stijghoogte blijft hier continu stijgen tot april 1984. Dit waarnemingspunt is gelegen aan de westzijde van de oostelijke tertiaire heuvels (Ename, Volkegem) waar de watertafel enkele meters diep ligt. Daardoor heeft de onverzadigde zone een aanzienlijke bergingscapaciteit. Na het winterhalfjaar kan door zwaartekrachtsdrainage nog geruime tijd water worden nageleverd aan het grondwaterreservoir. De aanvang van de periode met een tekort op de grondwaterbalans wordt zodoende uitgesteld. Anderzijds wordt na de zomer het herstelde neerslagoverschot grotendeels opgeslagen in de onverzadigde zone. Het duurt dan ook nog geruime tijd vooraleer de grondwatervoorraad wordt heraangevuld en de stijghoogte toeneemt.

Over de waarnemingsperiode werd vastgesteld dat het fluctuatietraject (dit is het verschil tussen het minimumpeil na de afvoerperiode en het maximumpeil na de opvullingsperiode) schommelt tussen 0,5 en 3,3 m. De peilbuizen die hierbij kleine waarden vertonen ( $< 1,0$  m) liggen vooral in de onmiddellijke omgeving van de kleine drainagegrachten in de laaggelegen alluviale Scheldemeersen en de Schelde. In deze peilbuizen is b.v. de kortdurende stijging van het peil (periode mei-juni 1984) weinig of niet merkbaar.

De stijghoogtegrafieken zijn opgenomen in bijlage 6.

### 3.5.3. KAARTEN 7 en 8 - Stijghoogte in het Kwartair zandcomplex

De stijghoogtekonfiguratie in het Kwartair zandcomplex is voorgesteld gedurende de perioden :

- 13-14 februari 1984 (na een opvullingsperiode)
- 11-12-13 september 1984 (na een afvoerperiode)

De lijnen van gelijke stijghoogte (t.o.v. m T.A.W.) zijn getekend met een equidistantie van 2 m. De stroomrichting is op meerdere plaatsen met een pijl aangegeven en de waterpeilen in de panden van de Schelde en het kanaal Bossuit-Kortrijk zijn vermeld voor de waarnemingsperiode. De peilbuizen die werden opgemeten zijn aangegeven maar niet alle waarden werden gebruikt voor het tekenen van de kaarten (zie 3.5.1.)

Globaal genomen is het grondwaterstromingspatroon in het Kwartair zandcomplex loodrecht op de Scheldevallei gericht. Op enkele plaatsen heerst er een min of meer radiaal stromingspatroon b.v. in het Zingemse, ten Zuidwesten van Oudenaarde, te Waarmaarde; dit is te wijten aan natuurlijke en/of kunstmatige factoren zoals b.v. de topografie of een waterwinning.

De Schelde beïnvloedt in geringe mate het grondwaterstromingspatroon (DEVOS, J. en LEBBE, L. 1983). Het regenwater dat infiltreert in de Scheldevallei en op de eromheen liggende heuvels wordt gedraineerd door enkele kleine grachten en beken gelegen in de laaggelegen Schelde-meersen. Van zuid naar noord zijn dit :

- de Rijtgracht of Reitgracht in Avelgem (langs de linker-oever van de Schelde)
- de Rijtgracht - Zypte afloop in de streek van Welden (langs de rechteroever van de Schelde)

- de Rietgracht of Coupure in de streek van Petegem-Oude-naarde (langs de linkeroever van de Schelde)
- de Rijtgracht in Welden (langs de rechteroever van de Schelde)
- de Moerbeek in het Zingemse (langs de linkeroever van de Schelde)

Op enkele van deze draineringsgrachten wordt het waterbeheer via één of meerdere pompgemalen geregeld. Nauwkeurige gegevens omtrent weggepompte hoeveelheden zijn niet gekend.

Uit de stijghoogte en de topografie blijkt dat op meerdere plaatsen het Kwartair reservoir een artesisch karakter heeft (zie ook tabel 2.5).

### 3.6. KAART 9 - Ionenverdeling in het Kwartair zandcomplex

#### 3.6.1. Inleiding

De grondwaterkwaliteit wordt op de eerste plaats bepaald door de samenstelling van de neerslag na indamping. De kwaliteit kan verder gewijzigd worden door allerlei scheikundige processen zoals oplossing, ionen-uitwisseling, hydrolyse, oxydatie en reductie. Deze processen treden zowel op in de bodem, in de onverzadigde en in de verzadigde zone.

Als gevolg van menselijke activiteiten in de landbouw en industrie kunnen daarenboven zodanig veel stoffen in de bodem indringen dat de kwaliteit van het voornamelijk ondiepe grondwater sterk beïnvloed wordt. Deze invloed wordt beperkt als een slecht doorlatende laag, b.v. een kleilaag de watervoerende laag afdekt.

#### 3.6.2. Bespreking van de resultaten

In de volgende paragrafen worden de belangrijkste parameters van de onderzochte waters besproken. Tevens wordt de kwaliteit vergeleken met de richtlijnen van het Koninklijk Besluit van 27 april 1984 betreffende de kwaliteit van het leidingwater (Belgisch Staatsblad van 6 juli 1984 - zie bijlage 8).

In tabel 3.20. zijn de waarden voor de belangrijkste onderzochte parameters samengevoegd. De waarden die niet voldoen aan de richtlijnen van het hogergenoemd K.B. zijn in een ander lettertype aangegeven.

De analyseresultaten en de ionenbalansen van de 42

Tabel 3.20. - Voornaamste resultaten van de wateranalyses - vergelijking met de normen gesteld aan leidingwater bij het K.B. van 27 april 1984.  
De waarden in groot lettertype overschrijden de normen.

Para- Nr meter put	pH	Geleidb. (20°C) µS/cm	Totale Hardheid Fr°	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Fe <sup>2+/3+</sup> mg/l	Mn <sup>2+</sup> mg/l	TAC FR°
SB1	6,95	721	30,1	15,4	7,82	0,14	-	5,01	56,92	13,36	6,95	0,90	43,45
SB2	7,05	661	39,0	10,9	10,70	0,46	-	3,86	23,71	7,73	7,78	0,37	42,15
SB3	7,20	434	21,3	14,0	7,00	0,22	-	1,92	20,41	4,73	4,02	0,02	24,55
SB4	7,20	487	22,5	22,5	7,20	0,14	-	3,26	27,21	9,82	4,64	0,10	26,95
SB5	7,55	490	25,9	21,1	27,58	0,11	0,01	1,70	16,98	2,60	3,34	0,07	24,55
SB6	7,10	473	23,9	30,8	19,55	0,22	-	2,06	16,73	3,44	3,07	0,07	21,95
SB8	7,60	658	38,2	42,6	118,13	0,57	0,01	0,01	15,55	2,48	1,32	0,57	21,70
SB10	7,30	642	46,0	31,7	24,28	0,35	-	1,29	13,75	2,10	3,74	0,10	33,50
SB12	7,00	804	43,4	51,3	40,54	0,17	-	1,40	23,25	3,49	6,68	0,42	36,58
SB13	7,20	773	46,3	50,4	83,35	0,35	-	0,21	14,91	3,37	6,07	0,21	32,60
SB14	7,05	870	47,9	90,2	116,28	0,63	-	0,25	22,87	5,58	8,01	0,45	29,20
SB15	5,00	340 (18°C)	18,3	8,4	16,05	0,43	0,01	1,24	11,20	3,00	1,38	0,18	18,85
SB17	7,50	453	24,3	12,5	7,20	0,11	-	1,20	16,35	2,73	3,18	0,01	26,35
SB18	6,80	595	30,2	26,8	11,32	0,34	0,01	1,60	10,96	2,21	3,37	0,18	28,78
SB20	7,00	974	58,8	58,5	168,14	0,34	-	0,14	28,94	3,63	3,54	0,82	38,15
SB21	6,70	685	37,0	34,5	58,24	0,32	0,02	0,06	22,41	11,73	1,86	0,20	32,00
SB22	6,20	713	40,1	52,0	48,16	0,51	0,01	1,83	12,95	2,42	7,56	0,42	31,88
SB23	7,10	614	35,2	21,3	50,83	0,49	0,01	1,69	11,92	2,15	2,35	0,19	30,70
SB25	7,20	1158	65,2	86,0	166,29	1,17	0,01	2,29	28,59	5,40	7,84	0,28	45,05
SB27	7,80	545	31,3	17,7	16,26	0,51	0,02	1,10	12,72	3,71	3,44	0,25	30,85
SB28	7,40	535	31,4	21,6	31,90	0,29	0,01	1,32	9,57	1,61	2,46	0,17	27,60
SB29	7,00	562	25,6	15,6	0,62	0,29	0,01	3,41	28,94	6,75	7,10	0,23	32,90
SB30	7,20	971	53,2	86,9	157,64	0,49	0,01	0,67	25,00	11,60	3,17	0,69	32,23
SB32	7,20	644	36,1	30,9	38,07	0,09	0,01	1,07	17,25	3,16	2,85	0,35	31,73
SB33	7,10	669	34,0	31,4	50,22	0,49	0,01	1,36	13,80	1,39	3,05	0,27	27,80
SB35	7,30	690	38,0	41,4	83,76	13,18	0,14	0,03	16,45	5,42	0,33	0,72	26,63
SB38	4,91	465 (18°C)	25,3	21,5	8,23	1,32	0,01	5,95	12,80	3,20	4,23	0,27	25,80
SB42	7,00	615	33,1	19,0	3,29	0,40	0,02	4,06	16,66	3,13	5,47	0,26	35,98
SB43	6,60	490 (18°C)	21,1	11,8	3,29	0,13	-	1,67	17,50	3,82	3,63	0,16	24,35
SB47	7,10	706	37,9	50,3	115,25	0,51	0,01	0,90	16,55	4,50	3,29	0,24	24,28
SB48	6,90	729	40,8	43,0	36,63	0,11	< 0,01	1,40	19,75	4,83	4,02	0,24	34,25
SB49	6,80	828	44,1	51,5	47,13	0,51	0,02	1,05	30,02	4,62	3,45	0,39	38,33
SB52	7,30	543	31,2	30,2	44,04	0,34	0,01	1,83	11,26	1,98	3,00	0,15	26,20
SB53	7,30	850	45,9	31,6	39,31	0,88	0,03	1,78	28,13	3,82	3,58	0,45	46,23
SB54	6,83	1162	61,7	80,9	290,80	2,53	0,08	0,92	49,46	18,62	0,13	0,04	31,05
SB55	5,42	616 (18°C)	35,6	28,2	53,51	2,10	0,03	1,96	12,40	2,20	2,46	0,36	32,35
SB57	5,48	650 (18°C)	37,8	21,6	79,03	1,32	0,01	2,15	14,90	1,70	4,56	0,34	32,15
SB58	7,20	823	42,0	37,7	3,91	0,54	0,04	9,63	13,22	9,61	12,50	0,16	45,24
SB59	6,74	692	31,4	59,7	153,73	43,59	0,07	2,15	29,02	6,17	0,15	0,18	10,40
SB63	7,80	927	48,2	59,0	141,80	0,63	0,02	1,29	30,67	5,78	3,32	0,41	35,40
SB66	5,02	605 (18°C)	34,3	12,3	4,94	2,1	0,01	3,22	13,95	3,30	7,23	0,20	45,30
SB69F1	7,20	811	45,7	10,5	17,08	0,81	0,01	2,56	21,51	7,03	5,37	0,26	49,98

onderzochte monsters zijn opgenomen in bijlage 7.

#### 3.6.2.1. Zuurtegraad

Zes monsters (15%) vertonen een pH waarde die niet voldoet aan de gestelde norm ( $\text{pH} \geq 6,5$ ). De laagste pH waarde werd gemeten in het monster uit de peilbuis SB38 ( $\text{pH} = 4,91$ ).

#### 3.6.2.2. Geleidbaarheid

De geleidbaarheid van water wordt bepaald door het aantal ionen in oplossing. Door G. DE MOOR en W. DE BREUK (1969) is een grondwaterindeling opgesteld naar gelang de geleidbaarheid (tabel 3.21.).

Tabel 3.21. - Indeling van het grondwater naar de geleidbaarheid (naar G. DE MOOR en W. DE BREUCK, 1969)

Geleidbaarheid bij 180 °C ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Geleidbaarheid bij 20 °C ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Kwalitatieve beoordeling
< 200	< 209	zeer zoet
200 - 400	209 - 418	zoet
400 - 800	418 - 837	matig zoet
800 - 1600	837 - 1674	zwak zoet
1600 - 3200	1674 - 3347	matig brak

In 83% der gevallen is het onderzochte water matig zoet. Zes putten (14%) geven zwak zoet water terwijl put SB 15 zoet water levert. De hoogste waarde (1162  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bij 20 °C) van SB 54 is waarschijnlijk te wijten aan lokale verontreiniging (ondiepe filter).



Voor geen enkel watermonster werd de norm van 2100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bij 20 °C overschreden.

#### 3.6.2.3. Chlorides

De verandering van de geleidbaarheid wordt voor een deel bepaald door de aanwezige  $\text{Cl}^-$ -ionen.

De meeste bemonsterde putten geven waters met een chloridegehalte tussen 5 en 45 mg/l. Acht putten bereiken waarden tussen 50 en 60 mg/l. De hoogste waarden worden aangetroffen bij SB 54 (80,9 mg/l); SB 25 (86,0 mg/l), SB 30 (86,9 mg/l) en SB 14 (90,2 mg/l). Verhogingen in  $\text{Cl}^-$ -gehalten worden in de literatuur meestal vermeld als zijnde een gevolg van verontreiniging ten gevolge van meststoffen, aalputten, wegzout.

De norm van 200 mg/l  $\text{Cl}^-$ -ionen is nergens overschreden.

#### 3.6.2.4. Sulfaten

Het sulfaatgehalte varieert zeer sterk bij de onderzochte monsters (van 0,62 mg/l tot 290,80 mg/l). De hogere concentraties worden voornamelijk aangetroffen in de putten langs de oostelijke begrenzing van het studiegebied.

Uitzonderlijk hoge concentraties (b.v. 290,80 mg/l in SB 54) dienen waarschijnlijk aan lokale verontreiniging te worden toegeschreven.

De norm van 250 mg/l  $\text{SO}_4^{2-}$  is enkel in put SB 54 overschreden.

#### 3.6.2.5. Nitraten en nitrieten

In de onderzochte monsters komen de nitraten en nitrieten in kleine hoeveelheden voor. Onder reducerende omstandigheden worden zij door denitrifikatie omgezet tot gasvormige stikstof.

De norm van  $\text{NO}_2^-$  (0,1 mg/l) wordt enkel bij SB 35 overschreden (0,14 mg/l). De norm voor  $\text{NO}_3^-$  (50 mg/l) wordt nergens overschreden; hoge concentraties worden gemeten in SB 35 en vooral bij SB 59 (43,59 mg/l). Deze laatste waarde is waarschijnlijk het gevolg van verontreiniging vanaf de oppervlakte (ondiepe filter).

#### 3.6.2.6. Ammonium

Ammonium ontstaat als afbraakprodukt van organisch materiaal.

De ammoniumgehalten die worden aangetroffen zijn meestal hoog, in 85% van de gevallen is de norm (0,5 mg/l) overschreden.

#### 3.6.2.7. Alkaliniteit

De alkaliniteit van een water wordt veroorzaakt door de erin aanwezige bicarbonaationen.

De gemiddelde alkaliniteit van de onderzochte watermonsters bedraagt 30 °Fr. De hoogste waarden die werden aangetroffen zijn begrepen tussen 40 en 50 ° Fr.

#### 3.6.2.8. Hardheid

Van alle watermonsters werden de totale, de tijdelijke en de blijvende hardheid bepaald.

Met een gemiddelde waarde van 37 °Fr voor de totale hardheid kan het water als tamelijk hard worden beschouwd. De tijdelijke hardheid (bicarbonaathardheid) bedraagt gemiddeld 180 °Fr, de blijvende hardheid (sulfaathardheid) 11 °Fr. De watermonsters met een hoge hardheid komen waarschijnlijk uit verontreinigde zones (zie 3.6.2.4. sulfaten).

#### 3.6.2.9. Natrium en Kalium

Het natriumgehalte van de onderzochte waters varieert van 11 tot 57 mg/l (gemiddeld 20,4 mg/l), hetgeen beneden de toegelaten norm (150 mg/l) is.

Het kaliumgehalte bedraagt gemiddeld 7,1 mg/l. In twee putten wordt de norm (12 mg/l) overschreden, met name bij SB 1 (13,4 mg/l) en bij SB 54 (18,62 mg/l).

#### 3.6.2.10. IJzer en Mangaan

Het ijzergehalte zowel als het mangaangehalte in het onderzochte watervoerende pakket zijn hoog. In de meeste gevallen zijn de normen overschreden (zie tabel 3.22).

Tabel 3.22. Minimum, maximum en gemiddelde waarde van ijzer en mangaanconcentraties t.o.v. de norm voor leidingwater

Parameter	Minimum (mg/l)	Maximum (mg/l)	Gemiddelde (mg/l)	Norm (mg/l)	Aantal waarden beneden norm
ijzer	0,13	12,50	4,2	0,2	2 op 42
mangaan	0,01	0,90	0,29	0,05	3 op 42

### 3.6.3. Typering van de onderzochte waters - klassifikatie en voorstelling

Naargelang het criterium dat wordt aangenomen om een water te typeren bestaan een groot aantal klassifikatiesystemen. In het hoofdstuk 3.6.2. is dit reeds merkbaar b.v. -in 3.6.2.2. zijn de waters ingedeeld naar hun geleidbaarheid (DE MOOR en DE BREUCK, 1969).

-in 3.6.2. zijn de besproken parameters vergeleken met de normen voor leidingwater.

Een eenvoudige klassifikatie die als basis de chemische samenstelling aanneemt is gebaseerd op de voorstellingswijze in een PIPER-diagram waarbij de relatieve ionenverdeling voor de meest voorkomende ionen in twee driehoeksdiagrammen en een ruitdiagram worden uitgezet. Volgens de klassifikatie van DAVIS en DE WIEST (1967) die steunt op een PIPER-diagram bevat de watervoerende laag in het Kwartair een water van het calciumbicarbonaattype in 95% van de gevallen. Twee onderzochte monsters geven water van een gemengd met name een calciumbicarbonaat-sulfaattype. Het betreft de ondiepe filters in SB 54 en SB 59 waar waarschijnlijk lokale verontreiniging voor dit afwijkend gedrag verantwoordelijk zijn (zie 3.6.2.4.).

In figuur 3.25. zijn alle watermonsters in een PIPER-diagram afgebeeld.

#### 3.6.4. Kartografische voorstelling - KAART 9

De ionenverdeling van 41\* watermonsters uit verschillende peilbuizen is afgebeeld door middel van een kolomdiagram. Ieder diagram bestaat uit twee vertikale kolommen. In de linkerkolom is de relatieve kationenverdeling voor de ionen  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en  $\text{Ca}^{2+}$  aangegeven in milli-equivalenten. De rechterkolom bevat de relatieve ionenverdeling voor  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  en  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ .

Naast de kolommen is voor elk ion (of ionen) de hoeveelheid in mg/l vermeld. Bovenin het kolomdiagram staat de mineralisatiegraad in mg/l; eronder zijn aangeduid :

- het totale Fe-gehalte in mg/l
- de totale hardheid in °Fr
- de tijdelijke hardheid in °Fr
- de pH

Tevens zijn de ligging van de bemonsterde boorput en de datum van de monsternamen aangegeven.

#### 3.6.5. Besluit

Het water in het watervoerende Kwartair is in het studiegebied matig zoet tot zoet, vrij hard en van het calciumbicarbonaatttype.

Het bevat vrij hoge ijzer-, mangaan- en ammoniumconcentraties waarbij de toegelaten normen volgens de richtlijnen van het Koninklijk Besluit van 27 april 1984 betreffende de kwaliteit van het leidingwater voor deze

\* één bemonsterde put (SB1) ligt juist buiten het kaartgebied en is niet afgebeeld op KAART 9

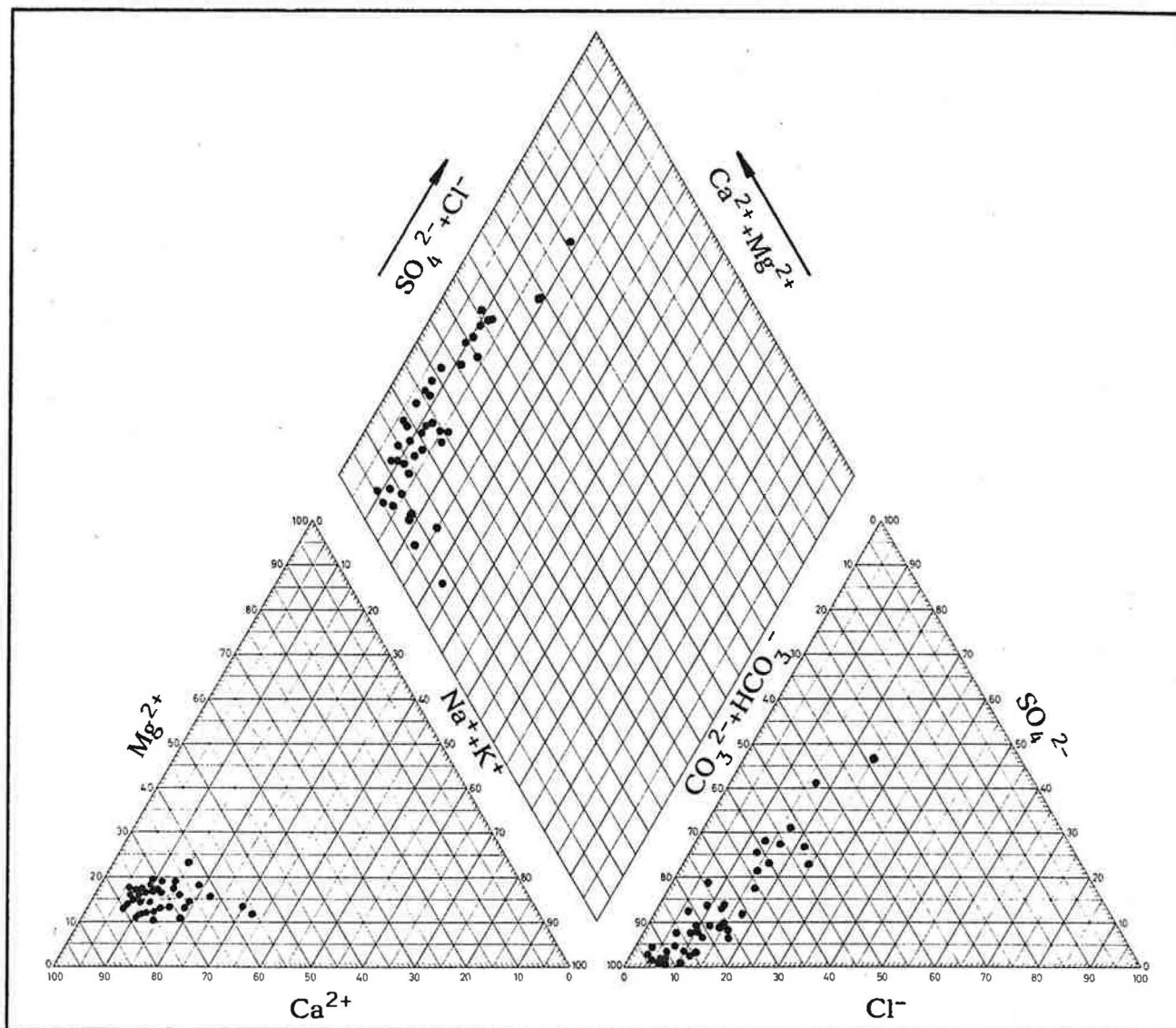


Fig. 3.25 - Piper-diagram met de 42 grondwateranalyses

ionen bijna steeds wordt overschreden.

Plaatselijk komen waarschijnlijk enkele lokale verontreinigingen van het grondwater voor waarbij vooral iets hogere sulfaatconcentraties opvallen. Meestal betreft het hier filters op plaatsen waar het tertiair substraat ondiep is.

#### 4. BESLUITEN EN AANBEVELINGEN

De Scheldevallei die een zuidelijke uitloper is van de Vlaamse Vallei werd in het gebied tussen Gavere tot het kanaal Bossuit-Kortrijk uitgeschuurd in de tertiaire Klei van Vlaanderen (Yc). De maximale uitschuring van deze erosiegeul greep plaats op het einde van het Midden-Pleistoceen. Dit gebeurde tot het peil ca. - 10 m in het zuiden (omgeving Avelgem) en ca. - 12,5 in de omgeving van Oudenaarde. Deze geul werd met kwartaire sedimenten in verschillende fasen opgevuld; plaatselijk treft men aldus meer dan 35 m Kwartair aan. Hierdoor differentieert de Scheldevallei zich niet enkel topografisch en morfologisch doch ook geologisch en hydrogeologisch van haar omgeving.

In het Kwartair kunnen in het algemeen drie litologische eenheden onderscheiden worden. Op het ruimtelijk grillig verloopende erosieoppervlak in de Klei van Vlaanderen komen meestal zeer heterogene afzettingen voor. Het zijn overwegend fijne tot middelmatige zanden boven een kwartair basisgrint; plaatselijk treft men indie eenhedenleem- en/of veenhoudende zones aan. De dikte ervan schommelt tussen 0 en 30 m. Hierop rusten lemige afzettingen van niveo-eolische oorsprong gaande van zuiver leem tot leemhoudend fijn tot zeer fijn zand. De dikte van deze afzettingen is begrepen tussen 0 en 30 m. In de laaggelegen alluviale Scheldevallei treft men kleiïge en/of venige sedimenten van holocene ouderdom aan.

De specifieke litologische opbouw vanaf het tertiair substraat maakt dat de Scheldevallei als een hydrogeologisch geheel moet worden aanzien. De Klei van Vlaanderen (Yc) vormt de basis van dit geheel en dient als een ondoorlatend substraat te worden beschouwd. De zandige kwartaire afzettingen die bedekt zijn met een weinig tot slecht doorlatend pakket bestaande uit lemige en/of kleiïge en venige sedimenten vormen aldus een



watervoerende laag met een half-artesisch karakter.

Het grondwaterstromingspatroon in de kwartaire zandige afzettingen is vanaf de omringende heuvels in het algemeen loodrecht op de as van de Scheldevallei gericht naar de laaggelegen Scheldemeersen toe. Plaatselijk treden ten gevolge van natuurlijke en/of kunstmatige factoren radiale stromingspatronen op. In de laaggelegen Scheldemeersen zorgen grachten of beken (dikwijls via pompgemalen) voor de afwatering van het stuwende grondwater dat hoofdzakelijk gevoed wordt door regenwater in de vallei en op de omliggende heuvels. De Schelde blijkt geen of weinig invloed uit te oefenen op de balans van het grondwaterreservoir, wat in verband kan worden gebracht met haar weinig doorlatende bedding (sliblaag).

Aan de hand van twee pompproeven uitgevoerd te Welden (OUDENAARDE) en te Petegem (WORTEGEM-PETEGEM) in de alluviale Scheldevlakte werden de hydraulische parameters van de kwartaire afzettingen bepaald. Voor de transmissiviteit en de elastische bergingskoëfficiënten werden in de half-artesische zandige kwartaire afzettingen waarden gemeten van respectievelijk  $54,2 \text{ m}^2/\text{d}$  en  $4,0 \cdot 10^{-4}$  (Welden) en  $109,9 \text{ m}^2/\text{d}$  en  $3,5 \cdot 10^{-1}$  (Petegem). De hydraulische weerstand van het halfdoorlatend leempakket bedraagt 14 d. te Welden en 16 d. te Petegem.

De grondwaterkwaliteit in de zandige kwartaire afzettingen werden op 42 plaatsen bepaald. Het water is matig zoet en van het calciumbicarbonaattype. De hardheid ervan is vrij hoog en de gehalten aan chloride, natrium en kalium kunnen als normaal worden beschouwd. Het sulfaatgehalte schommelt van plaats tot plaats en is meestal hoger langs de oostelijke rand van de Scheldevallei. De normen voor leidingwater (volgens het K.B. van 27 april 1984) zijn meestal overschreden voor ijzer, mangaan en ammonium.

De kaartenatlas op schaal 1 : 25.000 omvat 9 kaarten en 4 platen die de belangrijkste resultaten van de studie voorstellen. Deze dokumenten laten de gebruiker toe op een algemeen vlak talrijke besluiten te trekken. Voor welomschreven projekten dienen evenwel aanvullende proeven en studies verricht te worden.

KAART 1 : geeft een overzicht van de ligging, de aard en de herkomst van de beschikbare gegevens.

Uit de gegevensdichtheid kan een idee worden verkregen betreffende de nauwkeurigheid van de uit de andere kaarten af te leiden parameters.

KAART 2 : geeft informatie over de hydrografie en vermeldt ondermeer :

- het hydrografisch net : de natuurlijke en kunstmatige waterlopen met inlichtingen aangaande de geometrie en de waterpeilen en de hydrometrische waarnemingspunten.
- de bronnen voor zover inlichtingen beschikbaar zijn
- de stilstaande waters en moerassen
- de begrenzing van de alluviale Scheldevlakte
- de waterscheidingen en de oppervlakte van de stroombekkens
- de hydrometeorologische waarnemingspunten.

KAART 3 : stelt de grondwaterwinningen in alle winbare lagen voor. Voor elke winning worden aangegeven :

- de oorsprong van het gewonnen water
- de hoeveelheid van het gewonnen water
- de bestemming van het gewonnen water
- de winmethode

De kaart laat toe een overzicht te krijgen in de winbare hoeveelheden per laag

KAARTEN 4, 5 en 6 : verschaffen inlichtingen over de litologische bouw van de kwartaire afzettingen aan de hand van lijnen van gelijke dikte en lijnen van gelijk peil. De waarnemingspunten waarop een kaart steunt zijn aangegeven. Deze kaarten laten ondermeer toe mogelijke waterwinplaatsen aan te wijzen.

- De dikte van de watervoerende laag (kwartair zandcomplex) schommelt in het studiegebied tussen 0 en 30 m.

Hoewel de zandige afzettingen zeer heterogeen zijn en er belangrijke laterale faciës- en diktewisselingen kunnen optreden, zijn het deze gebieden waar het kwartair zandcomplex dik is, waar men de hoogste transmissiviteitswaarden mag verwachten. De kaart 6 verschaft een inzicht in de grondwaterkwetsbaarheid ten gevolge van stoffen die vanop de bodem in de grond dringen rekening houdend met statische parameters (dikte en verbreiding kwartair leemcomplex).

KAARTEN 7 en 8 : geven de stijghoogte weer in het kwartair zandcomplex van twee representatieve perioden tussen september 1983 - november 1985.

- kaart 7 : stijghoogte na een periode van opvulling (13-14 februari 1984)
- kaart 8 : stijghoogte na een periode van afvoer (11, 12 en 13 september 1984)

De stijghoogte is voorgesteld door lijnen van gelijke stijghoogte of hydro-isohypsen. De waarnemingspunten waarop de kaart steunt zijn telkens aangeduid. De kaart vermeldt de grondwaterstromingsrichting en de peilen van de belangrijkste waterlopen.

KAART 9 : vermeldt de belangrijkste kwaliteitsparameters van het grondwater in het kwartair zandcomplex.

PLATEN 1, 2, 3 en 4 : stellen geologische doorsneden voor volgens raaien loodrecht op de Scheldevallei.

De plaatsen die in aanmerking komen voor grondwaterwinning in het kwartaire zandcomplex kunnen uit KAART 5 worden afgeleid. Algemeen kan men aannemen dat er winmogelijkheden zijn van zodra dit complex meer dan 10 m dik is. Met uitzondering van een gebied ten noordwesten van een lijn Bevere - Heurne - Zingem blijkt meestal aan deze voorwaarde voldaan. Op enkele plaatsen ten westen en noordwesten van de weg Oudenaarde - Petegem - Kerkhove - Waarmaarde - Avelgem is het kwartair zandcomplex tot meer dan 20 m dik; deze plaatsen komen in aanmerking voor grondwaterwinning. Vooraleer echter een beslissing te nemen is een verdergaande studie in het vooropgestelde wingebied vereist. Uit pompproeven blijkt immers dat de hydraulische parameters in het kwartair zandcomplex van plaats tot plaats sterk kunnen variëren.

Dat grondwater kan worden gewonnen in het kwartair zandcomplex wordt aangetoond door de winning van de Nationale Maatschappij der Waterleidingen te Waarmaarde - Kerkhove waar in 1984 meer dan 5 miljoen m<sup>3</sup> water werd gewonnen.

De geometrische bouw van het grondwaterreservoir heeft als gevolg dat infiltrerend regenwater in de Scheldevallei en de omliggende heuvels ondergronds samenstroomt in de laaggelegen Scheldemeersen. Een hoeveelheid grondwater komt aldus via afwateringsgrachten en/of pompgemalen in het hydrografisch net of in de riolering terecht. Dit gebeurt eveneens met een hoeveelheid bronwater dat door de litologische opbouw van de tertiaire lagen en het reliëf op talrijke plaatsen op de heuvelflanken uitvloeit.

In dergelijke gebieden kan ook aan grondwaterwinning worden gedaan door kunstmatige infiltratie met oppervlaktewater. Dit vergt echter een verdergaande studie in het vooropgestelde wingebed waarbij de waterbalans nauwkeurig dient te worden onderzocht.

## REFERENTIES

- BISHOP, M.S. (1967). Subsurface Mapping. 198 p. New York : John Wiley & Sons.
- BOELEN, CH. & LEGRAND, M. (1981) Kwaliteitsoverzicht van een aantal Belgische oppervlaktewateren in 1980, deel II - Scheldebekken, IJzerbekken, Kustbekken (aperçu qualitatif de quelques eaux superficielles Belges en 1980, partie II - Bassin de l'Escaut, Bassin de l'Yzer, Bassin de la côte). 417 p. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie.
- B.R.G.M. (1970). Atlas des nappes aquifères de la région parisienne. Cartes et note explicative.
- BUYSSCHAERT, E. (1976). Hydrogeologische studie van de bronnen in het Zwalmgebied. 70 p., 18 fig., 2 kaarten. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (Licentiaatsverhandeling).
- CLAESSENS, J. (1979). Het getij in de Schelde. Stageverslag van het Openbaar Ambt. Algemene directie van selectie en vorming.
- CHO-TNO (1982). Verklarende hydrologische woordenlijst. 33 p., 2 bijl. Den Haag : Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (Rapporten en nota's n° 8a).
- CRABBE, B. (1969). Elementen die de noodzakelijkheid aanwijzen van een verbetering op de Boven-Schelde. Stageverslag van de Diensten van de Eerste Minister, Openbaar Ambt. Algemene directie van selectie en vorming.
- DE BETHUNE, P. (1939). Sur le réseau hydrographique de la

Moyenne-Belgique. Bull. Soc. Belge de Géol.,  
T.XLIX, pp. 41-50.

DE BREUCK, W., DE VOS, J. & LEBBE, L. (1984). Hydrogeologische studie van de kwartaire afzettingen in de streek van Zingem - Asper (Gavere) - fase 2). 25 pg. Gent : Rijksuniversiteit- Geologisch Instituut (Rapport TGO 83-04).

DE BREUCK, W. & DE WINTER, P. (1984). Hydrogeologische studie van de kwartaire afzettingen in de streek van Zingem Asper (Gavere) - fase 1. 42 pg. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (Rapport TGO 83-04).

DELAHOUTRE, G. (1980). De modernisering van het Bekken van de Boven-Schelde in België. Uittreksel uit het Tijdschrift der Openbare Werken van België, nr. 2, 29p.

DELVAUX, E. (1881). Note explicative du levé géologique de la planchette de Renaix (98E).

DELVAUX, E. (1882). Note explicative du levé géologique de la planchette d'Avelghem (98W)

DELVAUX, E. (1884-5). Les alluvions de l'Escaut et les tourbières aux environs d'Audenarde. Annales de la Société Géologique, 12, 140-172.

DELVAUX, E. (1891). Nature et origine des éléments caillouteux Quaternaires. Annales de la Société Géologique de Belgique, 19, 223-266.

DELVAUX, E. (1893). Anseghem-Audenarde, Planchette n° 84, 1/40.000. Bruxelles : Commission Géologique de Belgique (Geologische kaart).

- DELVAUX, E. (1895). Avelghem-Renaix, Planchette n° 98, 1/40.000  
Bruxelles : Commission Géologique de Belgique (Geologische kaart).
- DE MOOR, G. (1963) Bijdrage tot de kennis van de Vlaamse Vallei. Gent : Rijksuniversiteit - Geologische Instituut (Doktoraatsverhandeling).
- DE MOOR, G. (1963). Bijdrage tot de fysische landschapsvorming in Binnen-Vlaanderen. Tijdschr. van de Belg. Veren. van Aardrijksk. studies, 32, 329-433.
- DE MOOR, G. & DE BREUCK, W. (1969). De freatische waters in het Oostelijk Kustgebied en in de Vlaamse Vallei. Natuurwet. Tijdschr., 51, 3-68.
- DE MOOR, G. & WALSCHOT, L. (1979). Reliëf en Hydrografie in Twintig Eeuwen Vlaanderen, Deel 7 - Deel I.
- DE SMEDT, P. & GULLENTOPS, F. (1981). De hydrografische kaart. Hydrografica, 3, 35-42.
- DESUTTER, F., DE VOS, W., GERARD, P., LAGA, P., VAN COILLIE, L. & VAN LAETHEM-MEUREE. (1984). Geochemisch onderzoek van het artesisch grondwater in de sokkel van Oost- en West-Vlaanderen. 26 p., 15 fig. Brussel : Ministerie van Economische Zaken - Belgische Geologische Dienst (Professional Paper 1984/4 nr. 208).
- DE TROCH, F. (1977). De Zwalmbeek te Nederzwalm. Studie van de oppervlaktewaterhydrologie van een Oostvlaams stroom-  
bekken. (Doktoraatsverhandeling).
- DE TROCH, F. & TISON, G. (1978) Samenvattend verslag over de



stand van het hydrologisch onderzoek (kwantitatief aspect) in het bekken van de Zwalm. Gent : Rijksuniversiteit.

DE VOS, K. (1982) Bijdrage tot de hydrologische monografie van de Zwalm. Proefschrift ingediend voor het bekomen van de graad van Bijzonder Licentiaat in de Hydrologie. Faculteit van de Toegepaste Wetenschappen van de Vrije Universiteit te Brussel.

DIERICKX, M. (1960). Geschiedenis van Zingem, 304 p.

DUPRIEZ, G.L. & SNEYERS, R. (1978). Les Normales du Réseau Pluviométrique Belge. Publ. Série A, nr 101 van het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België.

ERMEL, A. (1935). Etude de l'évolution hydrographique de l'Escaut et de la Lys. Ann. Soc. Belg. 58, 239-252.

GALON, R., KLIMASZEWSKI, M. & NAUMIENKO, T. (1964). Znaki Umowne I Objasnienia dla Mapy Hydrograficznej Polski 1:50.000 (Key and explanation to the hydrographic map of Poland on the scale of 1 : 50.000). Warszawa : Polska Akademia Nauk - Instytut Geografii.

GALON, R., KLIMASZEWSKI, M. & NAUMIENKO, T. (1964). Instrukcja Opracowania Mapy Hydrograficznej Polski 1 : 50.000 (Instruction to the Hydrographic map of Poland on the scale 1 : 50.000). Warszawa : Polska Akademia Nauk - Instytut Geografii.

GULINCK, M. (1966). Hydrogeologie in de Atlas van België, platen 16A en B. Nationaal Comité van Geografie, Commissie van de Nationale Atlas.

- GULINCK, M., MARUN, V. & PAEPE, R. (1970). Hydrogeologische studie van de Scheldevallei tussen Avelgem en Waarmaarde. Prof. Pap. Aardk. Dienst v. België. 12.
- GUSTAFSSON, O. (1978) Hydrogeologiska Kartbladet Tralleborg NO/ Malmö SO. Hydrogeologiska Kartblad I Skala 1 : 50.000, nr 6. Stockholm : Sveriges Geologiska Undersökning.
- HALET, F. (1904). Un glissement de terrain aux environs de Renaix. Bull. Soc. Belg. de Géol. Paléont. et Hydrol. XVIII, 161-163.
- HALET, F. (1907). Le sondage de Meylegem. Bull. Soc. Belg. de Géol., 21, 63-68.
- HALET, F. (1939). Sur la présence de "Corbicula Fluminalis" dans le Pleistocène des environs d'Escanaffles. Bull. Soc. Belg. de Géol. Paléont. et Hydrol. XLIX, 233-234.
- HALET, F. (1939). La géologie de la crête de partage Lys-Escaut entre Swevegem et Moen. Bull. Soc. Belg. de Géol. Paléont. et Hydrol. XLIX, 250-255.
- HODGKISS, A.G. (1970). Quantitative Mapping. In : Maps for books and theses. 120-133. Newton Abbot : David and Charles.
- KEERIS, H. (1961). Bijdrage tot de studie van de morfologie van de vallei van de Opper-Schelde. Natuurwet. Tijdschr. 43, 77-81.
- KLIMASZEWSKI, M. (1956). The detailed Hydrographical map of Poland. Reprinted from "Przeład Geograficzny" Polish

Geographical Review, XXVIII, supplement.

KLIMASZEWSKI, M. (1959). The problems of the geomorphological and hydrographic map on the example of Upper Silesian Industrial district. Reprinted from Problems of Applied Geography. Proceedings of the Anglo-Polish Seminar Nieborów, 15-18 september.

KLIMASZEWSKI, M. (1965). La carte hydrographique détaillée et son importance scientifique et pratique. In : Etudes Hydrologiques et géographiques, 341-350.

KRUSEMAN, J.P. & DE RIDDER, N.A. (1976). Analysis and evaluation of pumping test data. 200 p. Wageningen : International Institute for Land Reclamation and Improvement (Bulletin n° 11).

KUNZ, K.S. & MORAN, J.H. (1958). Some effects of formation anisotropy on resistivity measurements in boreholes. Geophysics, 23, 770-794.

LEBBE, L. (1983). Een mathematisch model van de niet-permanente grondwaterstroming naar een pompput in een veel-lagig grondwaterreservoir en enkele beschouwingen over de stroomtijd. Tijdschr. BECEWA. 70, 33-48.

LEBBE, L. (1985). Bepaling van de verticale doorlatendheid uit pompproefgegevens door middel van een eindig-verschil methode gekombineerd met een gevoeligheids- en een niet-lineaire regressie analyse. Nationaal Colloquium Belgisch Comité voor Ingenieursgeologie, Luik 1985, 3.56-3.78.

LIAO, K.H. & SCHEIDEGGER, A.E. (1968). A computer model for some branching-type phenomena in Hydrology. Bull. Inst.

Ass. Scien. Hydrol. XIII, 5-13.

MARIEN, J. (1980). Optimale regeling van de stuwen op de Zwalm. SCOOP, V.U.B.

MILTON, L.E. & OLLIER, C.D. (1965). A code for labelling streams, basins and junctions in a drainage net. Journal of Hydrology. 3, 66-68.

PROVINCIALE DIENST VOOR DE BESCHERMING VAN HET LEEFMILIEU (1982). Studie betreffende de waterkwaliteit van het Zwalm-bekken. Eindrapport. 205 p. Provinciebestuur van Oost-Vlaanderen.

RANALLI, G. & SCHEIDEGGER, A.E. (1968). A test of the topological structure of river nets. Bull. Int. Ass. Scien. Hydrol. XIII, 142-153.

ROBASZYNSKI, G. (1978). Paléocène et Eocène Inférieur de la région de Mons et du Nord de la France : arguments actuels de corrélation. Bull. Belg. Ver. Geol. 87, 4, 239-247.

SCHEIDEGGER, A.E. (1965). The Algebra of stream-order numbers. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 525B, 187-189.

SEYHAN, E. (1976). Application of stream ordering to the Ardèche River Bassin, Southern France. 26 p. Utrecht - Rijksuniversiteit - Geografisch Instituut (publicatie nr. 61, serie B).

STEENACKERS, J. (1983). Hydrogeologisch onderzoek van de Scheldevallei te Zingem-Oudenaarde met behulp van geo-elektrische verkenningsmethoden. 119 p. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (li-

centiaatsverhandeling).

STEVENS, C. (1939). La dépression de l'Escaut. Bull. Soc. Belg. de Géol. Paléon. et Hydrol. XLIX, 57-62.

STRAHLER, A.N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union. 38, 913-920.

TAVERNIER, R. (1946). L'évolution du Bas Escaut au Pléistocène Supérieur. Bull. Soc. Belge de Géol. Paléont. et Hydrol. LV, 106-125.

TAVERNIER, R. et DE MOOR, G. (1974). L'évolution du bassin de l'Escaut. Centenaire de la Société Géologique de Belgique. L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la mer du nord méridionale, Liège, 159-231.

TLALKA, A. & WIT-JOZWIK, K. (1978). Kartowanie Hydrograficznej Jako Metoda Badania Stasemkow Wodnyck.

TNO. (1976). Geophysical Well Logging for geohydrological purposes in unconsolidated formations. Delft : Groundwater Survey. TNO., 67 p.

TRICART, J., HIRSCH, A.R. & GRIESBACK, J.C. (1966). La géomorphologie du bassin du Touch. Rev. Géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest. t.XXXVII, pp, 5-46.

UNESCO (1970). International legend for hydrogeological maps 101 p. London : Intern. Assoc. of Scient. Hydrol. - Intern. Assoc. of Hydrogeologists and Inst. of Geol. Sciences.

VANDENHOUDT, H. & SYS, C. (1967). Bodemkaart van België :

Oudenaarde 84E. 1 krt 1 : 20.000. Gent : Centrum  
voor Bodemkartering (Prof. Dr. R. TAVERNIER).

VANDER BEKEN, A., BEECKMANS, B. & MEERSSEMAN (1976). De hydro-  
logische karakteristieken van een stroomgebied ver-  
werkt met de computer. Natuurwet. Tijdschr., 58, 157-182.

VAN GEYSTELEN, L., DE BRABANDER, K., DE SCHEPPER, H., PITRE-  
BOIS, L., BANGELS, E., BEKAERT, A. & VAN DYCK, J. (1980).  
De waterkwaliteit van de Boven-Schelde van de Franse  
grens tot Gent : invloed van de grensoverschrijdende  
verontreiniging. Tijdschrift BECEWA, 57, 99-105.

VAN GEYSTELEN, L. & DE BRABANDER, K. (1980). Pollution  
transfrontalière des cours d'eau entre la France  
et la Belgique pour les années 1978 et 1979.  
Evolution depuis 1975. 27 p., 20 fig., 16 tab.  
Bruxelles : Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie.

VANMAERCCKE-GOTTIGNY, M.C. (1964). La géomorphologie de l'Escaut  
d'Oudenaarde. Acta Geographica Lovaniensia, 3,  
443-473.

VANMAERCCKE-GOTTIGNY, M.C. (1967). De geomorfologische kaart  
van het Zwalmbekken. Verh. Koninkl. Vlaamse Acad.  
Wet., Letteren, Schone Kunst van België (Klasse  
Wetensch. 99, p. 84.

VANSTEELANDT, P. (1978). Het gebruik van ontginningsputten als  
spaarbekken. In : Problématique et gestion des eaux  
intérieures. Colloque intern. organisé dans le cadre  
de la foire intern. de Wallonie. Liège.

VANSTEELANDT, P. & ACKAERT, M. (1979). Interne publikatie  
- AROL

VERHOEVE, D. & DE SCHEPPER, H. (1978). De waterkwaliteit van het kanaal Kortrijk-Bossuit (in funktie van mogelijke drinkwaterbereiding) 6 p., 12 tab., Brussel : Instit. voor Hygiëne en Epidemiologie.

VISSER, N.A. (1971). Internationale legende van hydrogeologische kaarten. H<sub>2</sub>O(4), 5, 113-114.

WALSCHOT, L. (1985). Inleiding tot de kwantitatieve geomorfologie. 155 p. 137 fig. Gent : Geologisch Instituut.

WIT, K. & ZIEMONSK, Z. (1960). Hydrografia Tatr Zachodnich Obasniencia do mapy hydrograficznej "Tatry Zachodnie" 1 : 50.000. 99 p., Krakow, Polska Akademia Nauk - Instytut Geografii.

WIT, K. - JOZWIK, K. (1972). Differentiation in hydrographic conditions of South Poland in the light of detailed hydrographic mapping. Geographia Polonia, 20, 121-133.

WIT, K. - JOZWIK, K. (1974) Hydrografia Tatr Wysokich. Objasnienia do mapy hydrograficznej "Tatry Wysokie" 1 : 50.000. 118 p., Warszawa, Polska Akademia Nauk - Instytut Geografii.